

**Statistische Untersuchung
über die Anwendung offener Radionuklide
in Diagnostik und Therapie
1970 in Berlin/West**

69

Heinrich Weil

1975



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546702_0011

Aus der Abteilung für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes

München - Berlin

Leiter: Prof. Dr. F. E. Stieve

Statistische Untersuchung über die Anwendung offener Radionuklide
in Diagnostik und Therapie 1970 in Berlin/West.

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin verfaßt
und einer Hohen Medizinischen Fakultät der Ludwig - Maximilians -
Universität zu München

vorgelegt von

Heinrich Weil

aus Hof/Saale

1975

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Stieve

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Hug

Dekan: Prof. Dr. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 11. 3. 1975



Statistische Untersuchung über die Anwendung offener
Radionuklide in Diagnostik und Therapie 1970 in Berlin/West

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Aufgabenstellung	3
II. Schrifttum:	6
1. Berechnungsbasis für GSD	
2. Definitionen nuklearmedizinischer Begriffe	
III. Erhebung	
1. Methodik der Durchführung	8
2. Tabellen	9
3. Graphische Darstellungen	45
4. Besprechung der Ergebnisse	61
5. Mathematische Berechnung der GSD - Werte .	69
6. Besprechung der GSD - Werte	72
7. Zusammenfassung	74
IV. Literaturverzeichnis	75
V. Lebenslauf	77
VI. Danksagung	78

Anwendung offener Radionuklide in Diagnostik und Therapie 1970 in Berlin/West.

Unter Nuklearmedizin versteht man die Anwendung von radioaktiven Nukliden im Bereich der Medizin. Sie ist durch die Herstellung künstlicher radioaktiver Isotope zu einem festen Bestandteil der klinischen Diagnostik und Therapie geworden. Mit Hilfe der Radionuklide lassen sich pathologische Veränderungen in einzelnen Organen und Organsystemen durch unterschiedliche örtliche und zeitliche Speicherung erkennen und ermöglichen dadurch eine diagnostische Aussage. In der Strahlentherapie werden nur bei wenigen Indikationen offene radioaktive Isotope verwendet. Neben den umschlossenen Radionukliden, wie Co-60 und Cs-137, kommen hier überwiegend Röntgenstrahlen oder Elektronen, die in einem Linearbeschleuniger oder Betatron beschleunigt werden, zur Anwendung.

In den letzten Jahren hat sich im Bereich der Nuklearmedizin ein deutlicher Wandel vollzogen. Dieser ist bedingt durch die Verwendung kurzlebigerer Radionuklide sowie verfeinerter Meßtechniken und betrifft im wesentlichen die nuklearmedizinische Diagnostik. Die hohen jährlichen Zuwachsraten in der Nuklearmedizin zwingen dazu, Untersuchungen durchzuführen, die eine Aussage darüber erlauben, in welchem Umfange die Nuklearmedizin zur Gesamtstrahlenbelastung der Bevölkerung beiträgt. Bisher lagen zu diesem Fragekomplex nur Abschätzungswerte vor. Es erschien deshalb notwendig, einen quanti-

tativen und qualitativen Überblick über die Applikationszahlen offener Radionuklide in Diagnostik und Therapie vorzunehmen. Eine frühere Untersuchung des Bundesgesundheitsamtes (1969) hatte zu derartigen Strahlenbelastungswerten für den nuklearmedizinischen Bereich für das Jahr 1968 geführt. Die damaligen Untersuchungen wurden auf Anregung und mit Unterstützung des Senators für Gesundheitswesen Berlin durchgeführt und erfaßten den Zeitraum von 1953 - 1968. (Lit.verz. 1)

Die stetige Zunahme nuklearmedizinischer Applikationen muß in Zweifel stellen, ob die seinerzeit festgestellten Ergebnisse für den Zeitraum 1970 noch Gültigkeit haben.

Das Ziel meiner Arbeit muß demgemäß sein, aufgrund der qualitativen und quantitativen Untersuchungen festzustellen, inwieweit sich der Strahlenbelastungswert der Bevölkerung geändert hat und inwieweit der zukünftige Trend im Bereich der Nuklearmedizin abgeschätzt werden kann. Die Untersuchung wurde dadurch ermöglicht, daß aufgrund der Ersten Strahlenschutzverordnung die gesamte Anwendung offener Radionuklide in der BRD geregelt ist, und jeder Anwender dieser Substanzen gemäß § 32 die den behandelten oder untersuchten Personen verabfolgten radioaktiven Stoffe nach Art und Menge und, soweit möglich, die von den untersuchten oder behandelten Personen aufgenommenen Dosen sowie die bestrahlten Organe aufzeichnen muß. Besonders geeignet für die

Durchführung dieser Erhebung war Berlin/West, da hier die nuklearmedizinische Versorgung seit 15 Jahren als optimal zu bezeichnen ist, und wegen der besonderen geographischen Situation für eine definierte Bevölkerung eine statistische Auswertung besonders günstig erschien.

In dieser Arbeit soll die genetische Strahlenexposition der Bevölkerung abgeschätzt werden. Wie bei Erhebungen über die Röntgendiagnostik sollen auch hier nur die Grundsätze der Populationsgenetik berücksichtigt werden, d. h. es muß für die verschiedenen Applikationen unter Berücksichtigung der Einzelapplikationen am Patienten die genetisch signifikante Dosis (GSD) (Definition s. u.) berechnet werden. Als Berechnungsbasis wurden in erster Linie die Gonadendosisangaben der ICRP - Veröffentlichung 17 (erschienen Juli 1970) (Lit.verz. 14) zugrunde gelegt. Um einen Vergleich mit den Ergebnissen von 1968 zu haben, wurden in einer weiteren Berechnung auch die Gonadendosiswerte von R. Wolf verwendet. Damit die ermittelte GSD nicht kleiner als die tatsächliche GSD ist, wurden in den Fällen, bei denen bei Wolf Wertebereiche angegeben sind, jeweils die Quotienten aus den oberen Werten der Gonadendosis und den unteren Werten der applizierten Aktivitäten als Umrechnungsfaktoren ($\text{mrad}/\mu\text{Ci}$) für die Berechnung der GSD verwendet; diese Werte wurden in dieser Arbeit als "Wolf'sche Werte" bezeichnet.

Vor meine Ergebnisse möchte ich einige Definitionen nuklearmedizinischer Begriffe stellen. Ich habe mich auf die wesentlichsten, die öfters in dieser Arbeit auftauchen, beschränkt:

Offener Strahler: Ein offener Strahler ist ein Strahler, der aus radioaktiven Stoffen besteht, und der nicht so ausgebildet ist, daß ein Austreten radioaktiver Stoffe verhindert und ein Kontaminationsrisiko (Kontamination = radioak-

tive Verunreinigung) ausgeschaltet werden kann.

Geschlossener Strahler: Ein geschlossener Strahler ist ein Strahler, der aus radioaktiven Stoffen besteht, die in festen und inaktiven Stoffen fest inkorporiert sind, oder der in eine inaktive Hülle eingeschlossen ist, deren Widerstand ausreicht, um bei üblicher und betriebsmäßiger Beanspruchung ein Austreten radioaktiver Stoffe zu verhindern und die Möglichkeit einer Kontamination auszuschalten. (Strahlenschutznormen der Europäischen Atomgemeinschaft (Euratom), Juni 1967, S. 3, 4,) (s. Lit. verz. 2)

Genetisch Signifikante Dosis (GSD): Sie kann als die Dosis definiert werden, die, wenn sie von jedem Mitglied der Bevölkerung empfangen ist, dieselbe genetische Gesamtschädigung in der Bevölkerung hervorruft, wie die von den Individuen tatsächliche empfangene Dosis. (Report of the United Nations scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 1958 (Unscear - Report), S. 5. (s. Lit. verz. 3) Zitiert nach Holthusen, Leetz, Leppin: Die genetische Belastung der Bevölkerung einer Großstadt (Hamburg) durch medizinische Strahlenanwendung, Strahlenschutz Bd. 21, 1961) (s. Lit. verz. 4)

Methodik der Durchführung

Im Juli/August 1971 wurden alle Anwender offener Radionuklide im medizinischen Bereich in Berlin/West ermittelt. Dies sind 13 Krankenanstalten und 6 Praxen (5 Radiologen und 1 Facharzt für Labordiagnostik). Anhand der Isotopenlaborbücher und der Patientenkarteen wurden sämtliche Applikationen offener Radionuklide für das erste Quartal 1970 erfaßt. In Fragebögen wurden für jeden Patienten folgende Daten eingetragen:

Anfangsbuchstabe des Nachnamens

Geburtsjahrgang

Geschlecht

Diagnostische oder therapeutische Applikation

Frage der Mehrfachuntersuchung

Ambulante oder stationäre Behandlung

Funktionstest oder Szintigramm

Untersuchtes bzw. behandeltes Organ

Radionuklid

Chemische Form des Nuklids

Applizierte Aktivität

Die Gesamtauswertung wurde über Lochkarten mit einer Datenverarbeitungsmaschine vorgenommen. Da wegen der großen Applikationszahlen nur das erste Quartal 1970 erfaßt wurde, mußten die Zahlen auf die Gesamtheit aller Patienten des Jahres 1970 hochgerechnet werden. Hochgerechnet wurde mit Hilfe der "freien Hochrechnung". Der Hochrechnungsfaktor betrug 4. Der dabei auftretende Fehler soll an späterer Stelle erläutert werden.

TABELLEN

GRAPHISCHE DARSTELLUNGEN

Inhaltsverzeichnis der Tabellen:

1. Gesamtapplikationszahlen der 1970 in Berlin/West verwendeten Nuklide
2. Verteilung der Applikationen offener Radionuklide auf die verschiedenen Altersgruppen 1970 in Berlin/West
3. Altersstruktur der Bevölkerung von Berlin/West im Dezember 1970
4. Anzahl der untersuchten oder behandelten Personen pro 10 000 Einwohner in den einzelnen Altersgruppen 1970 in Berlin/West
5. - 17. Verteilung der verschiedenen Radionuklide und ihrer chemischen Verbindungen auf die einzelnen Organuntersuchungen in den Instituten A - N
18. Gesamtzahlen der Schilddrüsen- und Nierenuntersuchungen in den freien Praxen 1970 in Berlin/West
19. Verteilung der nuklearmedizinischen Applikationen auf die einzelnen Organe 1970 in Berlin/West
20. Verteilung der Organuntersuchungen auf die 19 Institute
21. Verteilung der verschiedenen Radionuklide auf die Organuntersuchungen
22. Anteil der einzelnen Radionuklide an der Gesamtzahl der untersuchten Organe
23. Diagnostische Anwendungsbereiche der in der Erfassung auftauchenden Radionuklide
24. Anteil der einzelnen Organuntersuchungen an der Gesamtzahl der 1970 in Berlin/West verwendeten Radionuklide
25. Verteilung der Radionuklide auf die 19 Institute in Berlin/West 1970
26. Gesamtaktivitäten der einzelnen Nuklide in Berlin/West 1970
27. Verteilung der Gesamtaktivitäten des ^{131}J auf seine chemischen Verbindungen
28. Mittlere Dosis pro Applikation der 1970 in Berlin/West angewandten Nuklide
29. Fehlergröße
30. GSD - Werte nach Wolff
31. GSD - Werte nach ICRP
32. Altersverteilung der wichtigsten Organuntersuchungen 1970 in Berlin/West

Tabelle 1

Gesamtapplikationszahlen der 1970 in Berlin/West
verwendeten Radionuklide

Nuklid	D = diagn. T = Therapie	Applikationszahl
131 J - Jodid	D	13 004
131 J - Hippuran	D	6 636
198 Au	D	3 392
99 ^m Tc	D	2 720
57/58 Co	D	1 284
131 J - HSA/MAA	D	884
197 Hg	D	492
131 J - Jodid	T	376
87 ^m Sr	D	340
75 Se	D	292
133 Xe	D	176
113 ^m In	D	168
198 Au	T	152
51 Cr	D	112
85 Sr	D	84
59 Fe	D	76
203 Hg	D	32
32 P	D	28
32 P	T	24
131 J - Bengalrosa	D	24
125 J - Jodid	D	4
(198 Au - Seeds	T	12)

 30 312

Tabelle 2

Verteilung der Applikationen offener Radionuklide auf die verschiedenen Altersgruppen 1970 in Berlin/West

	0 - 3	4 - 6	7 - 14	15 - 20	21 - 25	26 - 30	31 - 35	36 - 39	40 - 45	46 - 50	über 50
m	12	44	88	192	304	696	700	664	816	788	5 872
w	12	32	172	436	952	1 680	1 624	1 508	1 620	1 876	10 224
Σ	24	76	260	628	1 256	2 376	2 324	2 172	2 436	2 664	16 096

Tabelle 3

Altersstruktur der Bevölkerung von Berlin/West im Dezember 1970

	0 - 3	4 - 6	7 - 14	15 - 20	21 - 25	26 - 30	31 - 35	36 - 39	40 - 45	46 - 50	über 50
m	44663	38594	83 565	62 814	72 814	103 304	83 465	56 975	50 074	42 275	290 705
w	42579	36661	79 494	61 134	67 559	87 057	75 167	54 901	60 428	71 489	557 098
g	87242	75255	163 059	123 948	140 373	190 361	158 632	111 876	110 502	113 764	847 803

Tabelle 4

Anzahl der untersuchten oder behandelten Personen pro 10 000 Einwohner
in den einzelnen Altersgruppen 1970 in Berlin/West

	0 - 3	4 - 6	7 - 14	15 - 20	21 - 25	26 - 30	31 - 35	36 - 39	40 - 45	46 - 50	über 50
m	3	11	11	31	42	67	84	117	163	186	202
w	3	9	22	71	141	193	216	275	268	262	184
g	3	10	16	51	89	125	146	194	220	234	190

Tabelle 5

Institut A

Organ	Gesamtzahl	Nuklid	Anzahl
Niere	1 988	131 J - Hippuran	1 980
		197 Hg - BMHP	8
Schilddrüse D	1 616	131 J - Jodid	1 616
T	28	131 J - Jodid	28
Leber	444	198 Au - koll.	444
Schillingtest	184	57 Co - Cyano.	184
Lymphknoten	32	198 Au - koll.	32
Lunge	60	131 J - MAA/HSA	60
Gehirn	48	99 ^m Tc - Pertech.	48
Milz	4	197 Hg - BMHP	4
(Hypophyse T	12	198 Au - Seeds	12)
	4 416		

Tabelle 6

Institut B

Organ	Gesamtzahl	Nuklid	Anzahl
Schilddrüse	712	^{131}J - Jodid	712
Niere	152	^{131}J - Hippuran	152
Schillingtest	44	^{57}Co - Cyano.	44
Gehirn	8	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ - Pertech.	8
Milz	4	^{197}Hg - BMHP	4
Blut	4	^{51}Cr - Natriumchromat	4
	924		

Tabelle 7

<u>Institut C</u>				
Organ		Gesamtzahl	Nuklid	Anzahl
Schilddrüse	D	1 444	131 J - Jodid	1 372
			99 ^m Tc - Pertech.	72
Niere		1 756	131 J - Hippuran	1 748
			113 ^m In	8
Gehirn		620	99 ^m Tc - Pertech.	620
Leber		364	99 ^m Tc - TSK	176
			113 ^m In	148
			131 J - Bengalrosa	20
			198 Au - koll.	16
			99 ^m Tc - Pertech.	4
Speicheldrüse		244	99 ^m Tc - Pertech.	244
Kreislauf		176	133 Xe	176
Knochen		172	87 ^m Sr	172
Magen		112	99 ^m Tc - Pertech.	112
Milz		104	197 Hg - BMHP	104
Schilddrüse	T	88	131 J - Jodid	88
Pankreas		84	75 Se - Meth.	76
			198 Au - koll.	8
Lunge		84	198 Au - koll.	48
			131 J - HSA	32
			99 ^m Tc	4
Lymphknoten		68	198 Au - koll.	68
Augen		16	32 P	16
Blut	T	16	32 P - Na - Phosphat	16
Ganzkörper		12	131 J - Jodid	12
Nebenschilddrüse		4	75 Se - Meth.	4

Tabelle 8

Institut D

Organ	Gesamtzahl	Nuklid	Anzahl
Schilddrüse D	772	131 J - Jodid	772
Leber	352	198 Au - koll.	352
Niere	348	131 J - Hippuran	332
		203 Hg - Merodrin	16
Schillingtest	108	57 Co - Cyano.	108
Lunge	88	131 J - MAA	88
Schilddrüse T	24	131 J - Jodid	24
Gehirn	20	99 ^m Tc - Pertech.	20
Blut	16	51 Cr	8
		59 Fe	8
Milz	16	197 Hg - BMHP	16
Plazenta	12	99 ^m Tc	12
Pankreas	4	75 Se - Meth.	4

 1 760

Tabelle 9

Institut E

Organ	Gesamtzahl	Nuklid	Anzahl
Schilddrüse D	372	131 J - Jodid	364
		99 ^m Tc - Pertech.	8
Niere	316	131 J - Hippuran	304
		197 Hg - BMHP	4
		203 Hg - BMHP	4
		203 Hg - Merodrin	4
Gehirn	120	99 ^m Tc - Pertech.	120
Schillingtest	76	57 Co - Cyano.	76
Blut	36	51 Cr	20
		59 Fe	16
Milz	20	197 Hg - BMHP	20
Leber	24	198 Au - koll.	20
		131 J - Bengalrosa	4
Kreislauf	4	125 J - Jodid	4
Bauch T	4	198 Au - koll.	4
Schilddrüse T	4	131 J - Jodid	4
976			

Tabelle 10

Institut F

Organ		Gesamtzahl	Nuklid	Anzahl
Schilddrüse	D	808	131 J - Jodid	808
	T	44	131 J - Jodid	44
Leber		648	198 Au - koll.	648
Niere		504	131 J - Hippuran	504
Gehirn		296	99 ^m Tc - Pertech.	296
Lunge	D	132	131 J - HSA/MAA	132
Pleura	T	4	198 Au - koll.	4
Schillingtest		100	58 Co	100
Milz		48	197 Hg - BMHP	48
Blut	T	4	32 P	4
Pankreas		4	75 Se - Meth.	4
Knochen		4	85 Sr	4
		2 596		

Tabelle 11

Institut G

Organ		Gesamtzahl	Nuklid	Anzahl
Schilddrüse	D	2 480	131 J - Jodid	2 480
	T	188	131 J - Jodid	188
Leber		652	198 Au - koll.	628
			99 ^m Tc	24
Niere		472	131 J - Hippuran	472
Gehirn		208	99 ^m Tc - Pertech.	208
Knochen		188	87 ^m Sr	108
			85 Sr	80
Schillingtest		156	58 Co - Cyano.	156
Bauch	T	144	198 Au - koll.	144
Pankreas		116	75 Se - Meth.	116
Lunge		64	131 J - HSA	64
Milz		64	197 Hg - BMHP	64
Plazenta		28	99 ^m Tc	28
Blut	D	44	131 J - HSA	24
			59 Fe	12
			51 Cr	8
Auge	T	4	32 P - Na - Phosphat	4
		12	32 P	12

Tabelle 12

Institut H

Organ	Gesamtzahl	Nuklid	Anzahl
Leber	788	198 Au - koll.	780
		113 ^m In	8
Lunge	360	99 ^m Tc	8
		131 J - HSA	352
Gehirn	332	99 ^m Tc - Pertech.	332
Schilddrüse	220	99 ^m Tc - Pertech.	204
		131 J - Jodid	16
Niere	120	131 J - Hippuran	120
Pankreas	88	75 Se - Meth.	88
Milz	64	197 Hg - BMHP	64
Knochen	60	87 ^m Sr	60
Nebenschilddrüse	56	99 ^m Tc - Pertech.	56
Gefäße	24	131 J - HSA/MAA	24
Ganzkörper	12	131 J - Jodid	12
Lymphknoten	12	198 Au - koll.	12
Myelographie	8	131 J - HSA	8
Plazenta	4	113 ^m In	4
Magen	4	99 ^m Tc - Pertech.	4

Tabelle 13

Institut I

Organ	Gesamtzahl	Nuklid	Anzahl
Niere	656	131 J - Hippuran	656
Schilddrüse	236	131 J - Jodid	236
Leber	148	198 Au - koll.	148
Gehirn	64	99 ^m Tc - Pertech.	64
Schillingtest	28	57 Co - Cyano.	28
Lymphknoten	16	198 Au - koll.	16
	1 148		

Tabelle 14

Institut K

Organ	Gesamtzahl	Nuklid	Anzahl
Niere	104	131 J - Hippuran	104
Lunge	32	131 J - HSA	32
Schilddrüse	20	131 J - Jodid	20
Leber	16	198 Au - koll.	16
	172		

Tabelle 15

Institut L

Organ	Gesamtzahl	Nuklid	Anzahl
Niere	68	^{131}J - Hippuran	68
Schilddrüse	128	^{131}J - Jodid	128
Leber	64	^{198}Au - koll.	64
Lunge	52	^{131}J - HSA/MAA	52
Gehirn	48	$^{99\text{m}}\text{Tc}$ - Pertech.	48
360			

Tabelle 16

Institut M

Organ	Gesamtzahl	Nuklid	Anzahl
Schilddrüse	132	131 J - Jodid	132
Niere	128	131 J - Hippuran	120
		203 Hg - Merodrin	8
Leber	40	198 Au - koll.	40
Lunge	16	131 J - HSA/MAA	16
	316		

Tabelle 17

Institut N

Organ	Gesamtzahl	Nuklid	Anzahl
Schillingtest	588	57 Co - Cyano.	440
..		58 Co - Cyano.	148
Schilddrüse	484	131 J - Jodid	484
Blut	112	51 Cr	72
		59 Fe	40
Milz	156	197 Hg - BMHP	156
Leber	52	198 Au - koll.	52

 1 392

Tabelle 18

Organ	Gesamtzahl		<u>Institut O</u>
	1970	1968	Nuklid
Schilddrüse	1 108	1 305	131 J - Jodid
Niere	76	41	131 J - Hippuran
<u>Institut P</u>			
Schilddrüse	996	633	131 J - Jodid
<u>Institut Q</u>			
Schilddrüse	280	258	131 J - Jodid
<u>Institut R</u>			
Schilddrüse	240	116	131 J - Jodid
<u>Institut S</u>			
Schilddrüse	528	-	131 J - Jodid
<u>Institut T</u>			
Schilddrüse	688	-	131 J - Jodid
gesamt:	3 916	2 353	

Tabelle 19

Verteilung der nuklearmedizinischen Applikationen auf die einzelnen Organe 1970 in Berlin/West

Organ		Applikationszahl
Schilddrüse	D	13 264
Niere		6 688
Leber		3 592
Gehirn		1 764
Schillingtest		1 284
Lunge		884
Milz		480
Knochen		424
Schilddrüse	T	376
Pankreas		296
Speicheldrüse		244
Blut	D	212
Bauch	T	148
Kreislauf		180
Lymphknoten		128
Magen		116
Nebenschilddrüse		60
Plazenta		44
Auge		28
Gefäße		28
Ganzkörper		24
Blut	T	24
Myelographie		8
Pleura	T	4
(Hypophyse	T	12)

30 312

Tabelle 20

Verteilung der Organuntersuchungen auf die 19 Institute

Organ		Institute
Schilddrüse	D	19
Niere		13
Leber	D	12
Gehirn		10
Milz		9
Lunge		9
Schillingtest		8
Blut	D	7
Schilddrüse	T	6
Pankreas		5
Knochen		4
Lymphknoten		4
Plazenta		3
Bauch	T	2
Magen		2
Nebenschilddrüse		2
Ganzkörper		2
Auge		2
Blut	T	2
Speicheldrüse		1
Kreislauf		2
Gefäße		1
Myelographie		1
Pleura	T	1
(Hypophyse	T	1)

Tabelle 21

Verteilung der verschiedenen Radionuklide auf die Organuntersuchungen 1970 in Berlin/West

Myelographie:	131 J - HSA
Gefäße:	131 J - HSA/MAA
Schilddrüse:	131 J - Jodid 99 ^m Tc - Pertechneat
Niere:	131 J - Hippuran 203 Hg - BMHP 203 Hg - Merodrin 113 ^m In 197 Hg - BMHP
Leber:	198 Au - koll. 99 ^m Tc - Pertechneat 99 ^m Tc - TSK 113 ^m In 131 J - Bengalrosa
Lunge:	131 J - HSA/MAA 198 Au - koll. 99 ^m Tc
Speicheldrüse:	99 ^m Tc - Pertechneat
Knochen:	87 ^m Sr 85 Sr
Gehirn:	99 ^m Tc - Pertechneat
Pankreas:	75 Se - Methionin 198 Au - koll.
Lymphknoten:	198 Au - koll.
Milz:	197 Hg - BMHP
Magen:	99 ^m Tc - Pertechneat
Ganzkörper:	131 J - Jodid

Tabelle 21 -Fortsetzung-

Verteilung der verschiedenen Radionuklide auf die Organ-
untersuchungen 1970 in Berlin/West

Blut:	51 Cr - Natriumchromat
	51 Cr - EDTA
	59 Fe - FeCl
	32 P - Na - Phosphat
	131 J - HSA
Kreislauf:	133 Xe
	125 J - Jodid
Schillingtest:	57 Co - Cyano.
	58 Co - Cyano.
Auge:	32 P
Bauch:	198 Au - koll.
Plazenta:	99 ^m Tc
	113 ^m In
Nebenschilddrüse:	99 ^m Tc - Pertechnetat
	75 Se - Methionin

Tabelle 22

Anteil der einzelnen Radionuklide an der Gesamtzahl der
untersuchten Organe 1970 in Berlin/West *)

Organ	Gesamtzahl	Institut	Nuklide und ihre Applikationszahl
Schilddrüse:	13 264	19	131 J - Jodid: 12 980 (19), 99 ^m Tc 284 (3),
Niere:	6 688	13	131 J - Hip.: 6 636 (13), 203 Hg - Mer.: 28 (3), 197 Hg - BMHP: 12 (2), 203 Hg - BMHP: 4 (1), 113 ^m In 4 (1),
Leber:	3 592	12	198 Au: 3 208 (12), 99 ^m Tc - TSK: 176 (1), 113 ^m In: 156 (2), 99 ^m Tc - Pert.: 28 (2), 131 J - Bengalrosa: 24 (2),
Schillingtest:	1 284	8	57 Co - Cyano.: 880 58 Co - Cyano.: 404
Gehirn:	1 764	10	99 ^m Tc - Pertechneat: 1 764 (10),
Lunge:	884	9	131 J - HSA/MAA: 824 (9), 198 Au: 48 (2), 99 ^m Tc - Pertechne.: 12 (2),
Milz:	480	9	197 Hg - BMHP: 480 (9),
Knochen:	424	4	87 ^m Sr: 340 (3), 85 Sr: 84 (2),
Pankreas:	296	5	75 Se: 288 (5), 198 Au: 8 (1),
Speicheldrüse:	244	1	99 ^m Tc: 244 (1),
Blut:	212	7	51 Cr: 112 (6), 59 Fe: 76 (4), 131 J - HSA: 24 (1),
Kreislauf:	180	2	133 Xe: 176 (1), 125 J: 4 (1),
Lymphknoten:	128	4	198 Au: 128 (4),
Magen:	116	2	99 ^m Tc: 116 (2),

Tabelle 22 -Fortsetzung-

Anteil der einzelnen Radionuklide an der Gesamtzahl der untersuchten Organe 1970 in Berlin/West *)

Organ	Gesamtzahl	Institute	Nuklide und ihre Applikationszahl
Nebenschilddrüse:	60	2	75 Se: 4 (1), 99 ^m Tc: 76 (1),
Plazenta:	44	3	99 ^m Tc: 40 (2), 113 ^m In: 4 (1),
Auge:	28	2	32 P: 28 (2),
Gefäße:	28	1	131 J - HSA: 28 (1),
Ganzkörper	24	2	131 J - Jodid: 24 (1),
Myelographie	8	1	131 J - HSA: 8 (1),
	29		
	748		

Therapie

Schilddrüse:	376	6	131 J - Jodid: 376 (6),
Bauch:	148	2	198 Au: 148 (2),
Blut:	24	2	32 P: 24 (2),
Pleura:	4	1	198 Au: 4 (1),
(Hypophyse	12	1	198 Au - Seeds: 12 (1),)
	564		

*) In Klammern ist die Zahl der Institute angegeben, die diese Untersuchung durchführen.

Diagnostische Anwendungsbereiche der in der Erhebung
auftauchenden Radionuklide

- Cr 51: Erythrozytenüberlebenszeit (F), Erythrozytenvolumen (F),
Blutvolumen (F), Erythrokinetik (F), Albuminumsatz (F),
Niere (F), Milz (S), Lunge (S), Plazentalokalisation (S)
- Fe 59: Eisenkinetik, -resorption (beide F)
- Au 198: Leber (S), Lymphographie, Lunge (S), Milz (S), Knochen-
mark (S), Leberdurchblutung (F), Pankreas (S)
- In 113m : Plazenta, Niere, Leber, Gehirn, Lunge, Milz, Herz (alle S)
Knochenmark (S)
- J 125: Cardiographie, Lipoproteinumsatz, Blutvolumen, Albumin-
umsatz, Herzminutenvolumen, Refluxuntersuchungen, gastro-
intestinaler Eiweißverlust (alle F), Schilddrüse (F,S),
Leber (S), Niere (F), Plazenta (S),
- J 131: Schilddrüse, Leber, Lunge, Niere (alle F, S), Milz,
Gehirn, Ganzkörper, Gefäße, Mediastinum, Plazenta,
Myelographie (alle S), Lipoproteinumsatz, Hirndurch-
blutung, Albuminumsatz, gastrointestinaler Eiweißver-
lust, Blutvolumen, Herzminutenvolumen, Cisternographie,
Fettresorption (alle F)
- 57/58 Co: Schillingtest (Vit. B 12 Resorption)
- P 32: Tumorlokalisation (S), Blutvolumen (F), Erythrozyten-
überlebenszeit (F), Auge (S)
- Hg 197: Hirn, Milz, Niere, Lunge, Tumorlokalisation (alle S)
- Hg 203: Niere (F,S), Milz, Gehirn (beide S)
- Se 75: Pankreas (S), Nebenschilddrüse (S), Gehirn (S), Tumor-
lokalisation (S)
- Sr $^{87m}/^{85}$: Knochen (S)
- Tc 99m : Gehirn, Niere, Schilddrüse, Speicheldrüse, Lunge, Pla-
zenta, Milz, Knochenmark, Leber, Magen, Nebenschild-
drüse (alle S), Herzfunktion, Herzminutenvolumen, Blut-
volumen, Cisternographie (alle F)
- Xe 133: Gehirn-, Uterusdurchblutung, Lunge (alle F)

S = Szintigraphie, F = Funktionstest

(nach "Die Strahlenbelastung von Patienten bei der nuklearmedi-
zinischen Anwendung offener radioaktiver Stoffe" von A. Kaul,
K. Coff, H. D. Roedler, 1972) (s. Lit.verz. 5)

Tabelle 24

Anteil der einzelnen Organuntersuchungen an der Gesamtzahl der 1970 in Berlin/West verwendeten Radionuklide

198 Au:	3 392	Leber: 3 208, Lymphknoten: 128, Lunge: 48, Pankreas: 8,
131 J - Jodid:	13 004	Schilddrüse: 12 980, Ganzkörper: 24,
131 J - Hipp.:	6 636	Niere: 6 636,
131 J - HSA:	884	Lunge: 824, Blut: 24, Gefäße: 28, Myelographie: 8,
99 ^m Tc:	2 720	Gehirn: 1 764, Schilddrüse: 284, Speicheldrüse: 244, Magen: 116, Nebenschilddrüse: 56, Plazenta: 40, Lunge: 12,
57/58 Co:	1 284	Schillingtest: 1 284
197 Hg:	492	Milz: 480, Niere: 12,
203 Hg:	32	Niere: 32,
87 ^m Sr:	340	Knochen: 340,
85 Sr:	84	Knochen: 84
75 Se:	292	Pankreas: 288, Nebenschilddrüse: 4,
133 Xe:	176	Kreislauf: 176,
113 ^m In:	168	Leber: 156, Nebenschilddrüse: 4, Niere: 4, Plazenta: 4,
51 Cr:	112	Blut: 112,
59 Fe:	76	Blut: 76,
32 P:	28	Auge: 28,
131 J - Beng.:	24	Leber: 24,
125 J:	4	Kreislauf: 4,

Therapie:

131 J - Jodid:	376	Schilddrüse: 376,
198 Au:	152	Bauch: 148, Pleura: 4,
32 P:	24	Blut: 24,
(198 Au - Seeds	12	Hypophyse)

Tabelle 25

Verteilung der Radionuklide auf die 19 Institute in
Berlin/West 1970

		in 19 Instituten
131 J - Jodid	D	
131 J - Hippuran		13 "
198 Au	D	13 "
131 J - HSA/MAA		10 "
197 Hg		10 "
99 ^m Tc		10 "
57/58 Co		8 "
51 Cr		6 "
131 J - Jodid	T	6 "
75 Se		5 "
87 ^m /85 Sr		5 "
59 Fe		4 "
198 Au	T	3 "
32 P	T	3 "
	D	2 "
133 Xe		2 "
203 Hg		2 "
113 ^m In		2 "
125 J - Jodid		1 "

Tabelle 26

Gesamtaktivitäten der einzelnen Nuklide 1970 in Berlin/West

198 Au	19 303 116,70 μ Ci
99 ^m Tc	11 146 040,40 "
131 J	5 480 089,08 "
87 ^m Sr	531 200,00 "
133 Xe	296 000,00 "
197 Hg	175 600,00 "
113 ^m In	171 200,00 "
32 P	104 000,00 "
75 Se	89 040,00 "
85 Sr	27 600,00 "
51 Cr	6 452,00 "
203 Hg	5 520,80 "
59 Fe	1 756,00 "
57/58 Co	1 381,90 "
125 J	7,60 "
	37 339 004,52 μ Ci

Tabelle 27

Verteilung der Gesamtaktivität des 131 J auf seine chemischen Verbindungen

Schilddrüse - Jodid T	4 238 120,00 μ Ci
Schilddrüse - Jodid D	542 366,00 "
Hippuran	480 609,96 "
HSA/MAA	188 873,12 "
Ganzkörper - Jodid	24 000,00 "
Bengalrosa	6 120,00 "
	5 480 089,08 μ Ci

Tabelle 28

Mittlere Aktivität pro Applikation der 1970 in Berlin/West
angewandten Nuklide

Nuklid, chem. Verbindg.		mittlere Aktiv.	Gesamtakt.	Appl.zahl
198 Au - koll.	T	121 600,0 μ Ci	18 483 202,7	152
Sch. 131 J - Jodid	T	11 272,0	4 238 120,0	376
99 ^m Tc - Pertech. n.	D	4 314,0	10 976 840,4	2 544
32 P	T	3 583,3	86 000,0	24
133 Xe	D	1 681,8	296 000,0	176
87 ^m Sr	D	1 562,4	531 200,0	340
113 ^m In	D	1 019,0	171 200,0	168
Ganzk. 131 J - Jodid	D	1 000,0	24 000,0	24
99 ^m Tc - TSK	D	961,4	169 200,0	176
32 P	D	642,8	18 000,0	28
197 Hg - BMHP	D	356,9	175 600,0	492
85 Sr	D	328,6	27 600,0	84
75 Se - Meth.	D	304,9	89 040,0	292
198 Au - koll.	D	241,7	819 914,0	3 392
131 J - Bengalrosa	D	255,0	6 120,0	24
131 J - HSA/MAA	D	213,7	188 873,1	884
203 Hg BMHP/Merodrin	D	172,5	5 520,0	32
131 J - Hippuran	D	72,4	480 610,0	6 636
51 Cr	D	57,6	6 452,0	112
Sch. 131 J - Jodid	D	41,8	542 366,0	12 980
59 Fe	D	23,1	1 756,0	76
125 J - Jodid	D	1,9	7,6	4
57/58 Co - Cyano	D	1,1	1 381,9	1 284
			37 339 004,52	30 300
		D	14 531 681,82	29 748
		T	22 807 322,70	552

(198 Au - Seeds

T

12)

Tabelle 29

Fehlergrösse

m	M	AFM = ΔM	RFM = $\Delta M/M$ (%)
1	4	1.73	43.29
2	8	2.44	30.61
3	12	2.99	24.99
4	16	3.36	21.64
5	20	3.87	19.35
6	24	4.24	17.67
7	28	4.58	16.35
8	32	4.89	15.30
9	36	5.19	14.42
10	40	5.47	13.68
11	44	5.74	13.04
12	48	5.99	12.49
13	52	6.23	11.99
14	56	6.47	11.56
15	60	6.70	11.16
16	64	6.92	10.81
17	68	7.13	10.49
18	72	7.33	10.19
19	76	7.54	9.92
20	80	7.73	9.66
30	120	9.46	7.89
40	160	10.92	6.82
50	200	12.20	6.10
60	240	13.36	5.56
70	280	14.42	5.15
80	320	15.40	4.81
90	360	16.33	4.53
100	400	17.20	4.30
150	600	21.00	3.50
200	800	24.16	3.02
250	1000	26.93	2.69
300	1200	29.39	2.44
350	1400	31.64	2.26
400	1600	33.71	2.10
450	1800	35.63	1.97
500	2000	37.42	1.87
550	2200	39.11	1.77
600	2400	40.71	1.69
650	2600	42.22	1.62
700	2800	43.65	1.55

m = Anzahl in Erhebungsbögen

M = m hochgerechnet

AFM = ΔM = absoluter Fehler von MRFM = $\Delta M/M$ = relativer Fehler von M

Tabelle 30

GSD - Werte in Anlehnung an Wolf 1970 in Berlin/West (1. Quartal)

Radionuklid	GSD - Wert	%	Anteil von 360°
75 Se	0,0284072	30,50	109,80
85 Sr	0,0150107	16,12	58,03
131 J - Jodid D + T	0,0115025	12,35	44,46
99 ^m Tc	0,0091351	9,81	35,32
131 J - Hippuran	0,0091344	9,81	35,32
198 Au	0,0084554	9,08	32,69
57/58 Co	0,0055402	5,95	21,42
197/203 Hg	0,0026457	2,84	10,22
32 P	0,0009800	1,05	3,78
59 Fe	0,0006909	0,75	2,67
51 Cr	0,0004825	0,52	1,87
131 J - HSA/MAA	0,0004393	0,47	1,69
133 Xe	0,0004393	0,47	1,69
113 ^m In	0,0001244	0,13	0,47
87 ^m Sr	0,0001401	0,15	0,54
125 J	0,0000050	0,00	0,00
131 J - Bengalrosa	0,0000027	0,00	0,00
	<u>0,0931354</u>	<u>100,00</u>	<u>360,00</u>

Therapie

131 J - Jodid	0,0043913	4,71	16,96
198 Au*	0,1395950		
32 P*	0,0109789		

* wurden im Kreis nicht berücksichtigt

Tabelle 31

GSD - Werte nach ICRP 1970 in Berlin/West (1. Quartal)

Radionuklid	GSD- Wert	%	Anteil von 360 ^o
131 J - Jodid D + T	0,1150247	75,93	273,35
75 Se	0,0189381	12,50	45,00
99 ^m Tc	0,0085851	5,67	20,41
198 Au	0,0025366	1,67	6,01
131 J - HSA/MAA	0,0015660	1,03	3,71
85 Sr	0,0010883	0,72	2,59
32 P	0,0009800	0,65	2,34
131 J - Bengalrosa	0,0006790	0,45	1,62
131 J - Hippuran	0,0006565	0,43	1,55
59 Fe	0,0004281	0,28	1,01
87 ^m Sr	0,0004204	0,28	1,01
57/58 Co	0,0002013	0,14	0,50
197/203 Hg	0,0001902	0,13	0,47
51 Cr	0,0001132	0,07	0,25
113 ^m In	0,0000747	0,05	0,18
133 Xe	0,0000074	0,00	0,00
125 J	0,0000050	0,00	0,00
	0,1514946	100,00	360,00

Therapie

131 J - Jodid	0,0439128	28,99	104,36
198 Au*	0,0418797		
32 P*	0,0109789		

* wurden im Kreis nicht berücksichtigt

Tabelle 32

		Altersverteilung der wichtigsten Organuntersuchungen 1970 in Berlin/West									
		0-3	4-6	7-14	15-20	21-25	26-30	31-35	36-39	40-45	46-50
Schilddrüse D	m	12	28	48	152	216	468	456	412	468	400
	w	4	24	124	388	836	1 504	1 400	1 236	1 320	1460
Schilddrüse T	m	0	0	0	0	0	0	0	4	0	8
	w	0	0	0	0	0	0	0	8	20	32
Leber	m	0	8	4	4	20	40	72	100	120	144
	w	0	0	8	12	12	36	72	80	108	168
Niere	m	12	28	36	72	76	132	216	180	196	216
	w	4	16	84	84	104	144	164	224	224	376
Schillingtest	m	0	0	0	0	4	12	12	12	16	48
	w	0	0	0	0	4	20	32	48	44	84
Milz	m	0	0	0	0	12	60	8	16	60	8
	w	0	0	0	4	0	12	8	4	12	16
Lunge	m	0	0	0	8	0	28	4	16	36	8
	w	4	0	0	4	0	8	8	20	48	36
Gehirn	m	0	8	36	28	32	60	48	52	68	80
	w	4	8	32	20	68	40	80	56	56	56
Pankreas	m	0	0	0	0	0	8	16	16	20	12
	w	0	0	0	0	0	0	4	16	4	24

Tabelle 32 - Fortsetzung -

Altersverteilung der wichtigsten Organuntersuchungen 1970 in Berlin/West

	51-52	53-55	56-58	59-60	61-63	64-65	66-70	71-75	76-80	üb.80	Einzels.	Gesamts.
Schilddr. D	m 48	96	120	96	100	72	208	72	36	12	2 260	13 264
	w 396	460	740	340	492	388	688	392	228	104	11 004	
Schilddr. T	m 0	0	8	4	8	8	8	4	0	0	52	
	w 28	4	52	28	20	16	44	48	20	4	324	376
Leber	m 64	72	152	80	140	112	280	136	76	72	1 736	3 592
	w 68	84	136	112	136	80	308	256	148	32	1 856	
Niere	m 108	144	192	108	252	140	400	272	128	96	3 004	6 688
	w 128	160	380	164	212	172	432	288	192	148	3 684	
Schillingt.	m 8	20	36	8	84	24	72	16	24	0	396	1 284
	w 32	24	120	72	64	12	108	124	32	68	888	
Milz	m 0	4	24	52	0	20	24	16	4	0	308	480
	w 4	12	20	0	0	8	20	32	12	8	172	
Lunge	m 12	28	36	28	44	28	84	72	24	4	460	884
	w 12	16	44	4	72	28	56	40	20	4	424	
Gehirn	m 52	28	64	28	52	28	88	64	36	12	864	1 764
	w 20	32	92	36	36	36	104	52	36	36	900	
Pankreas	m 4	4	12	4	12	12	20	4	4	8	156	288
	w 4	4	8	12	16	0	12	24	4	0	132	

Inhaltsverzeichnis der Abbildungen:

1. Gesamtapplikationen offener Radionuklide 1953 - 1970
in Berlin/West
2. Anzahl der untersuchten oder behandelten Personen pro
10 000 Einwohner in den einzelnen Altersgruppen 1970
in Berlin/West
3. Anzahl der jährlichen Applikationen für verschiedene
Radionuklide 1953 - 1970 (Berlin/West)
4. Diagnostische Applikationen offener Radionuklide 1968
und 1970 in Berlin/West
5. Anteil der einzelnen Radionuklide an der genetisch
signifikanten Dosis 1970 in Berlin/West (nach Wolf)
6. Anteil der einzelnen Radionuklide an der genetisch
signifikanten Dosis 1970 in Berlin/West (nach ICRP)
7. Graphische Darstellung zu Tab. 32 (Niere)
8. " (Lunge)
9. " (Leber)
10. " (Schillingtest)
11. " (Gehirn)
12. " (Milz)
13. " (Pankreas)
14. " (Schilddrüse D)
15. " (Schilddrüse T)

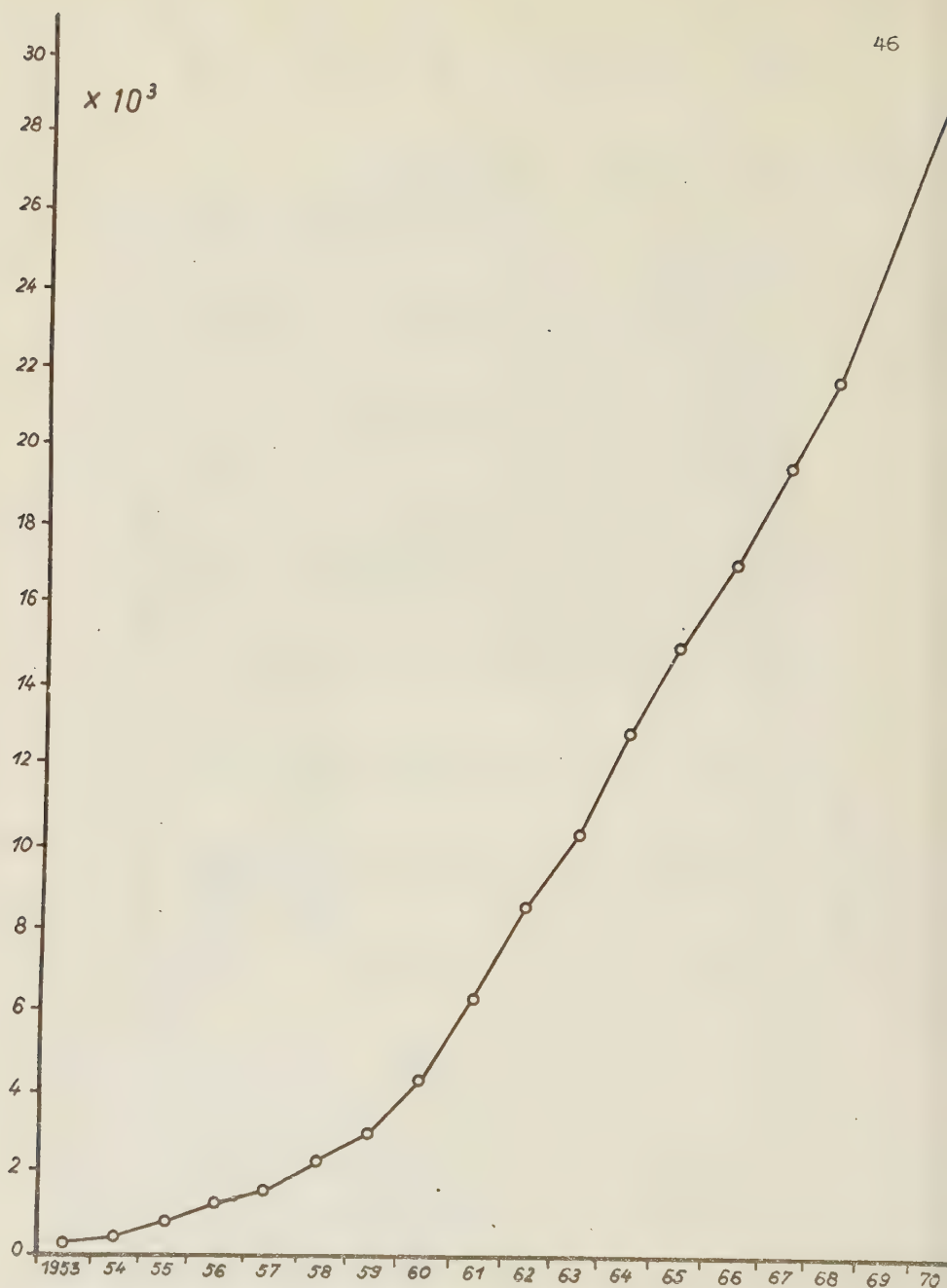
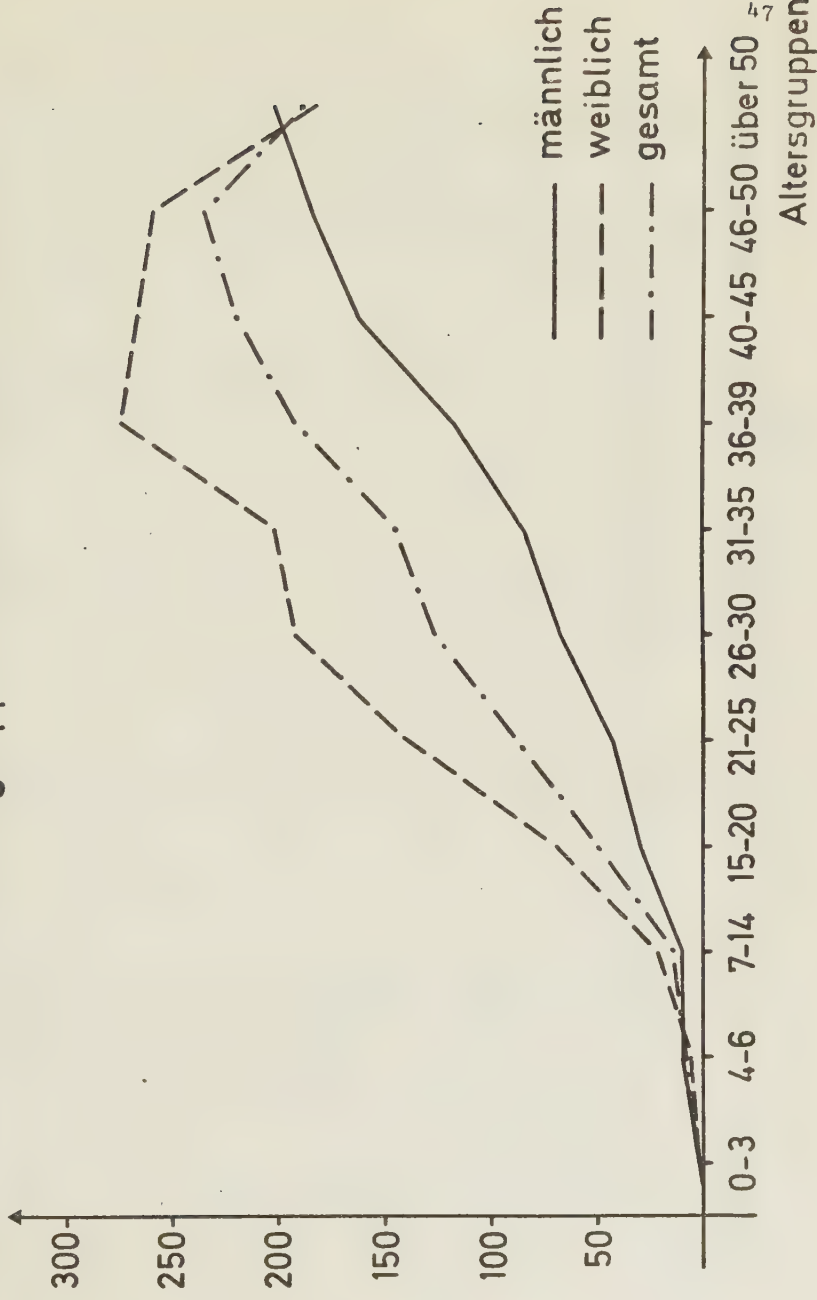


Abb. 1 Gesamtapplikationen offener Radionuklide 1953-1970
(Berlin-West)

Abb.2 Anzahl der untersuchten und behandelten
Personen pro 10000 Einwohner in den einzelnen
Altersgruppen 1970 in Berlin / West

Patienten auf
10000 Einwohner



Altersgruppen

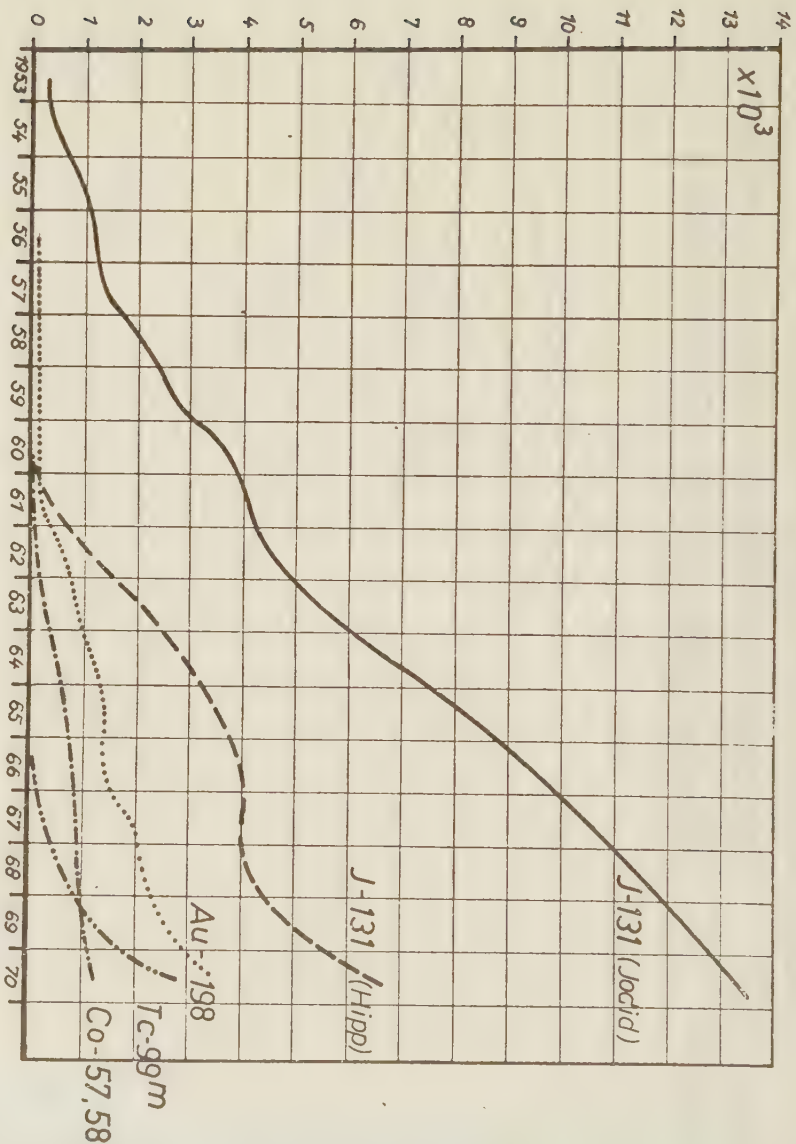


Abb.3 Anzahl der jährlichen Applikationen für verschiedene Radionuklide
1953 - 1970 (Berlin West)

Nuklid	Applikationen 1968	Applikationen 1970
J-131 , Jodid	11 300	12 980
J-131 Hipp.	4 200	6 636
J-131 HSA, MAA	550	884
Au - 198	2100	3 396
Co - 57,58	770	1 284
Tc - 99m	430	2 720
Hg - 197	210	492
Hg - 203	80	32
Se - 75	50	292
Sr - 85	10	84
Sr - 87m	—	340
Cr - 51	95	112
Fe - 59	100	76
Xe - 133	15	176
In - 113m	—	168
J - 132	760	—
	20.670	29.672

Abb.4 Diagnostische Applikationen offener Radionuklide 1968 und 1970
(Berlin - West)

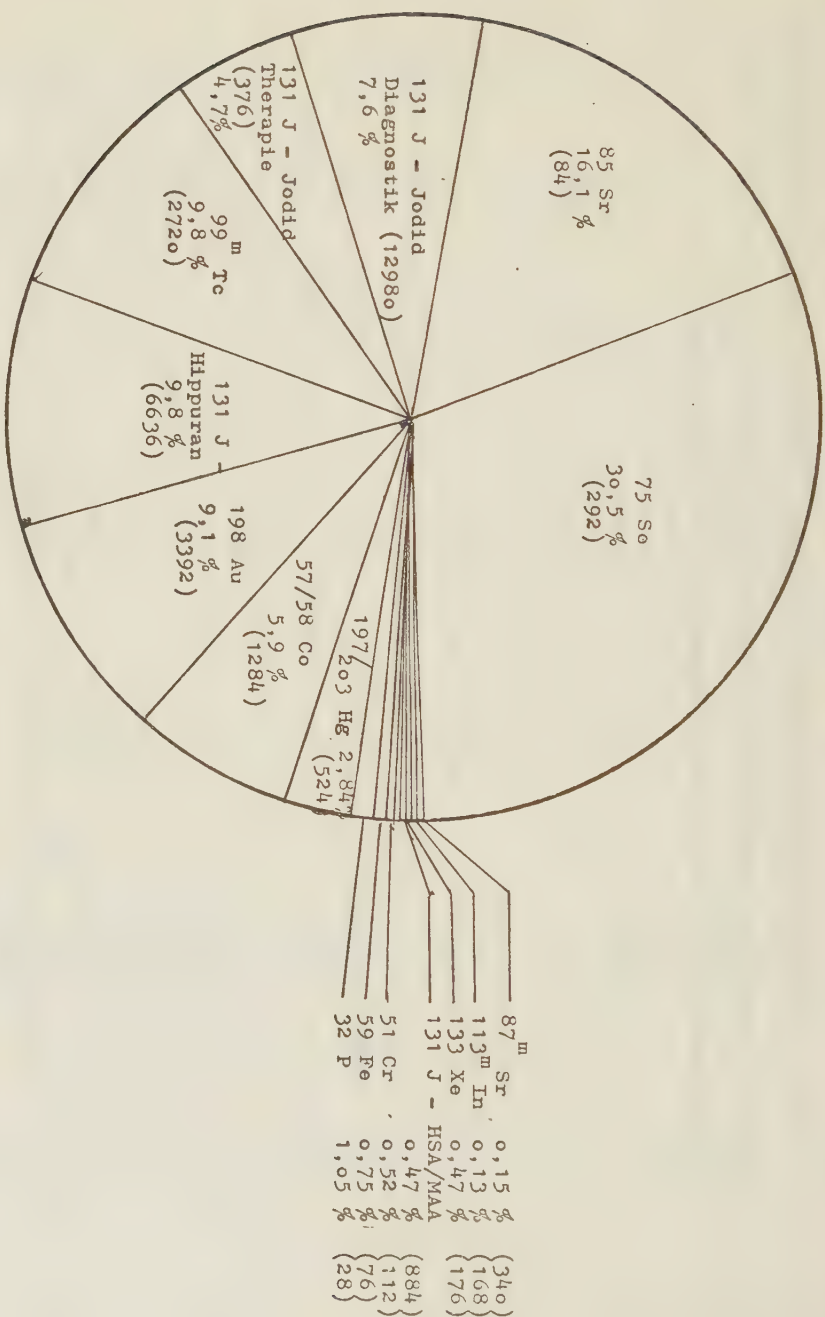


Abb. 5 Anteil der einzelnen Radionuklide an der Genetisch signifikanten Dosis 1970 in Berlin/West (nach Wolf)

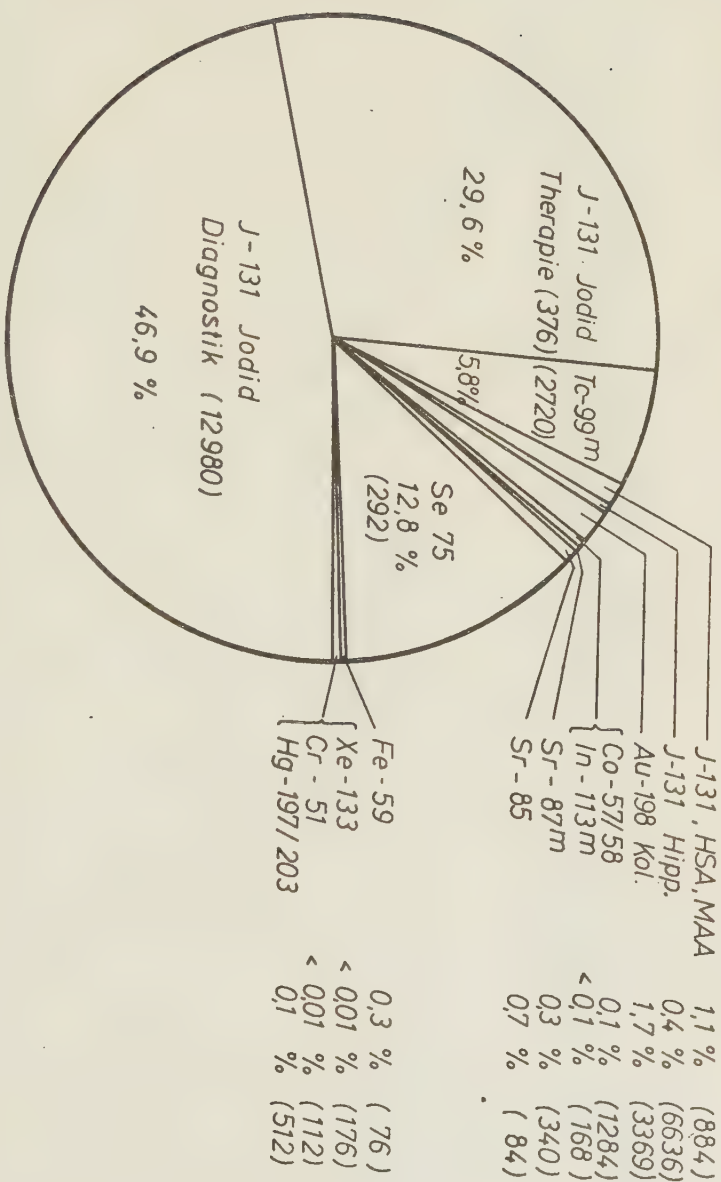
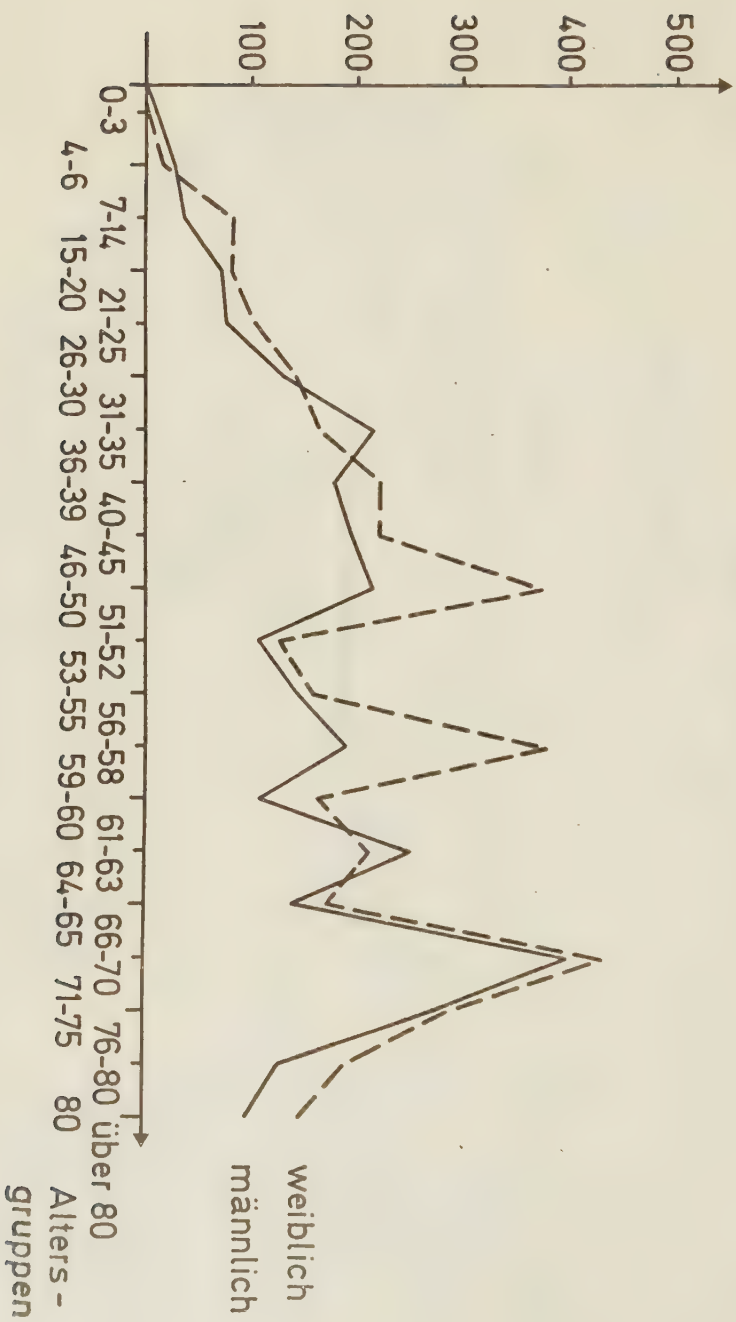


Abb.6 Anteil der einzelnen Radionuklide an der genetisch-signifikanten Dosis, 1970 (Berlin West)

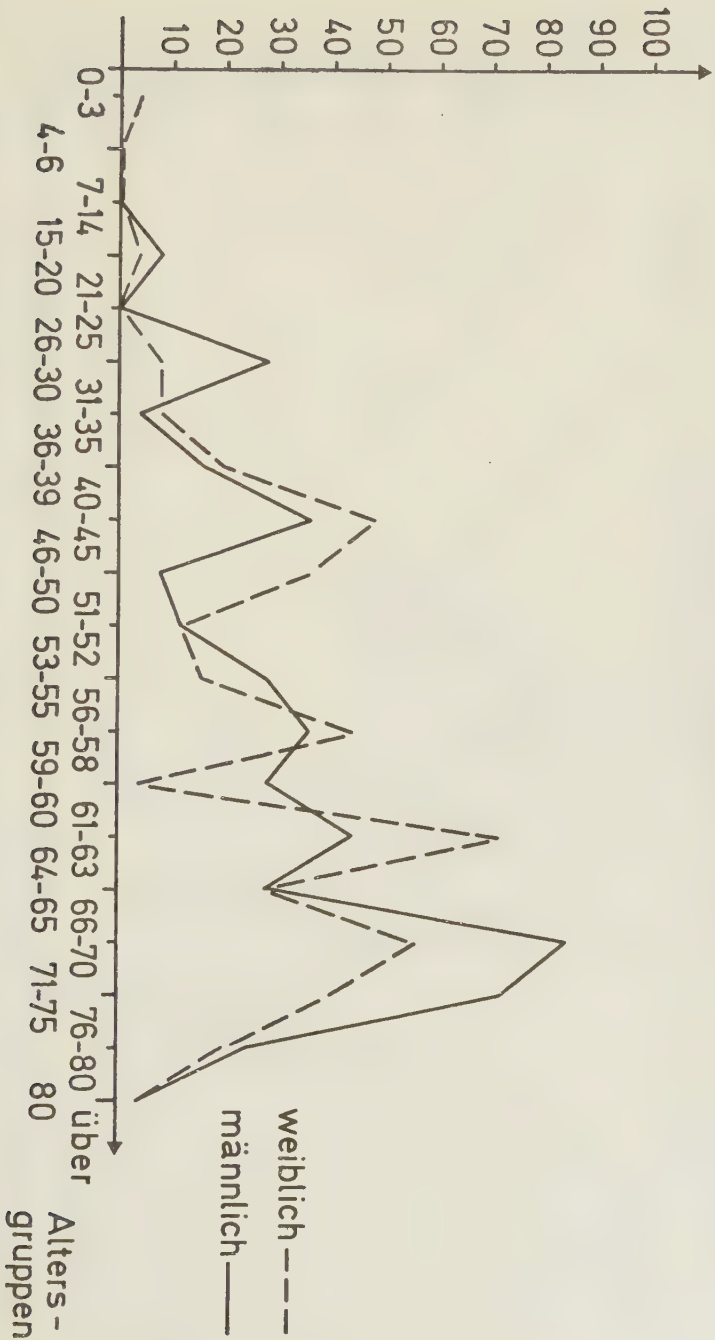
Patienten

Abb.7 NIERE



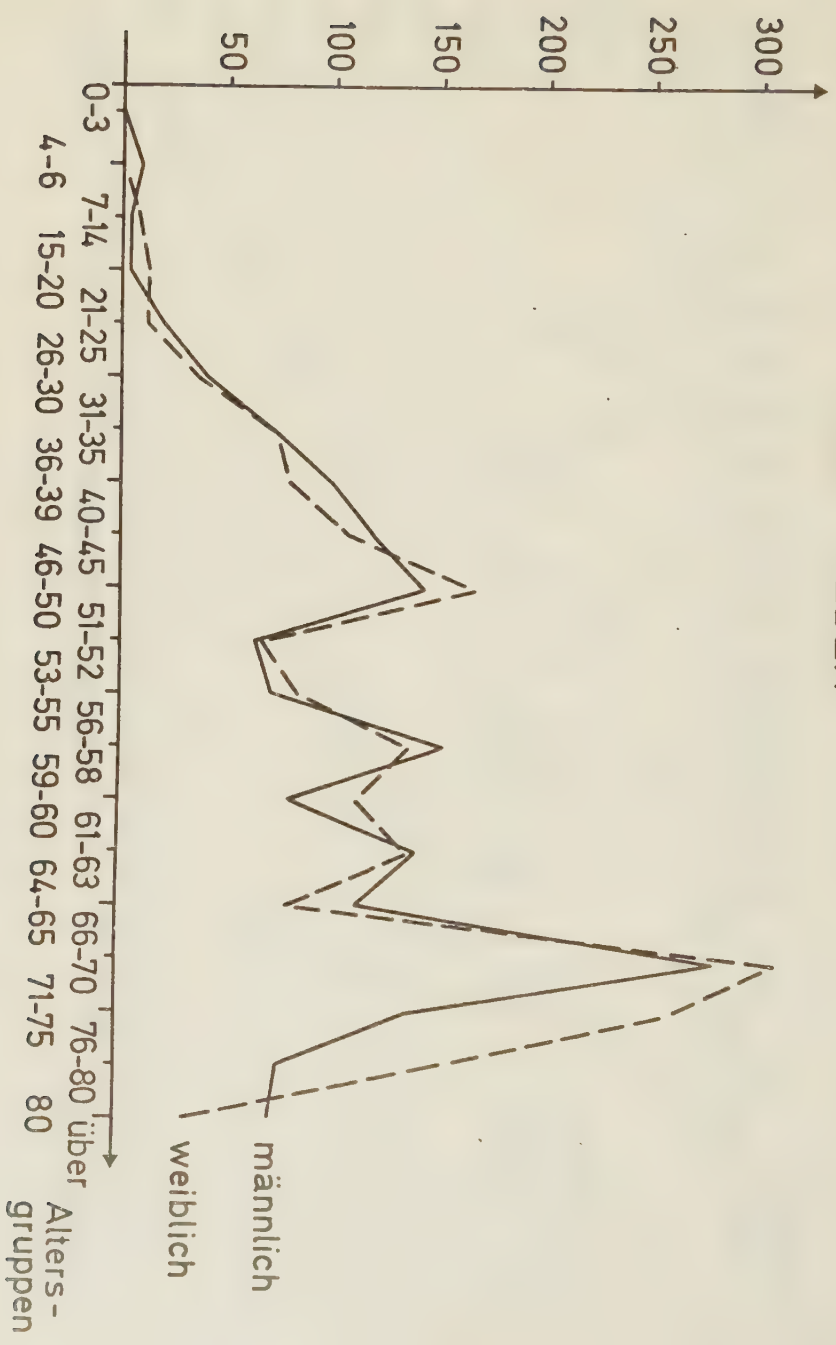
Patienten

Abb.8 LUNGE



Patienten

Abb. 9 LEBER



Patienten

Abb.10 SCHILLINGTEST

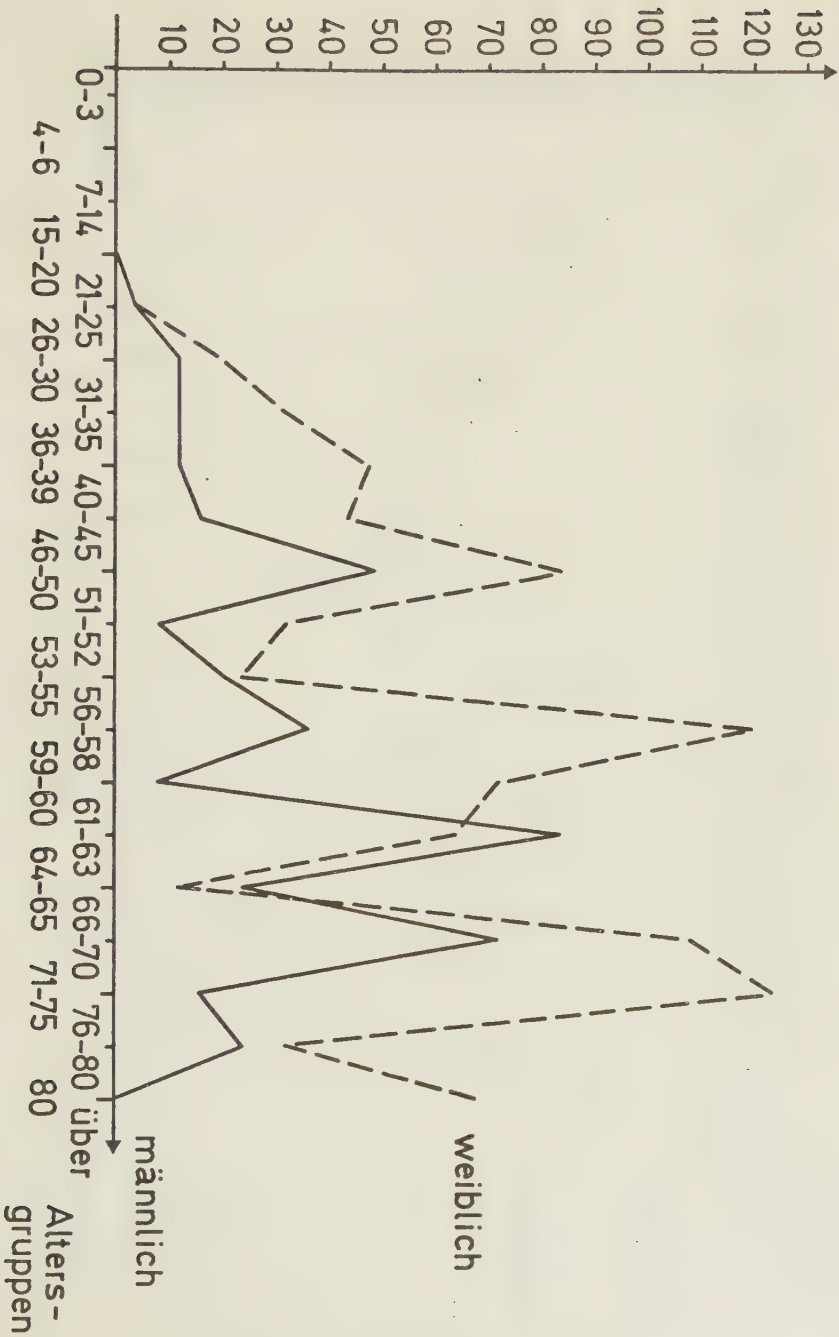


Abb. 11 GEHIRN

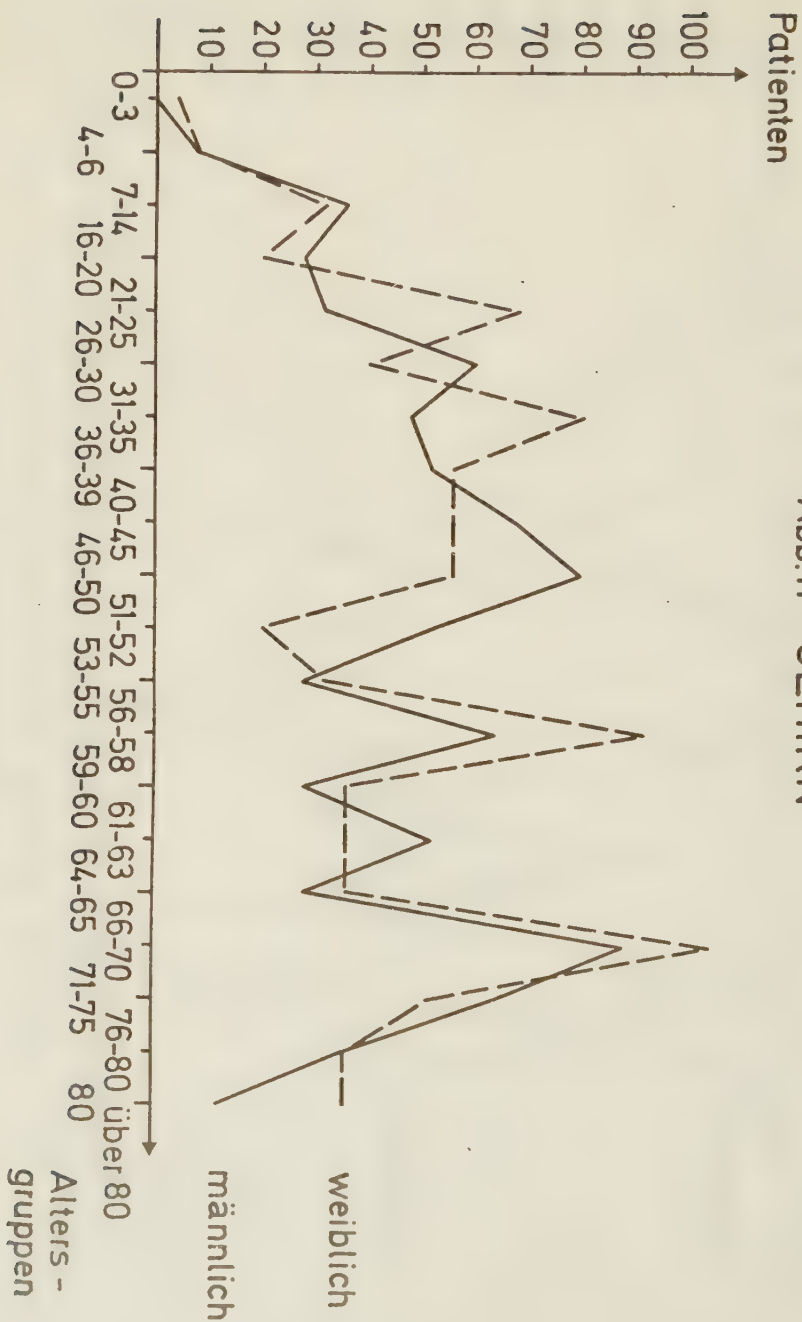


Abb.12 MILZ

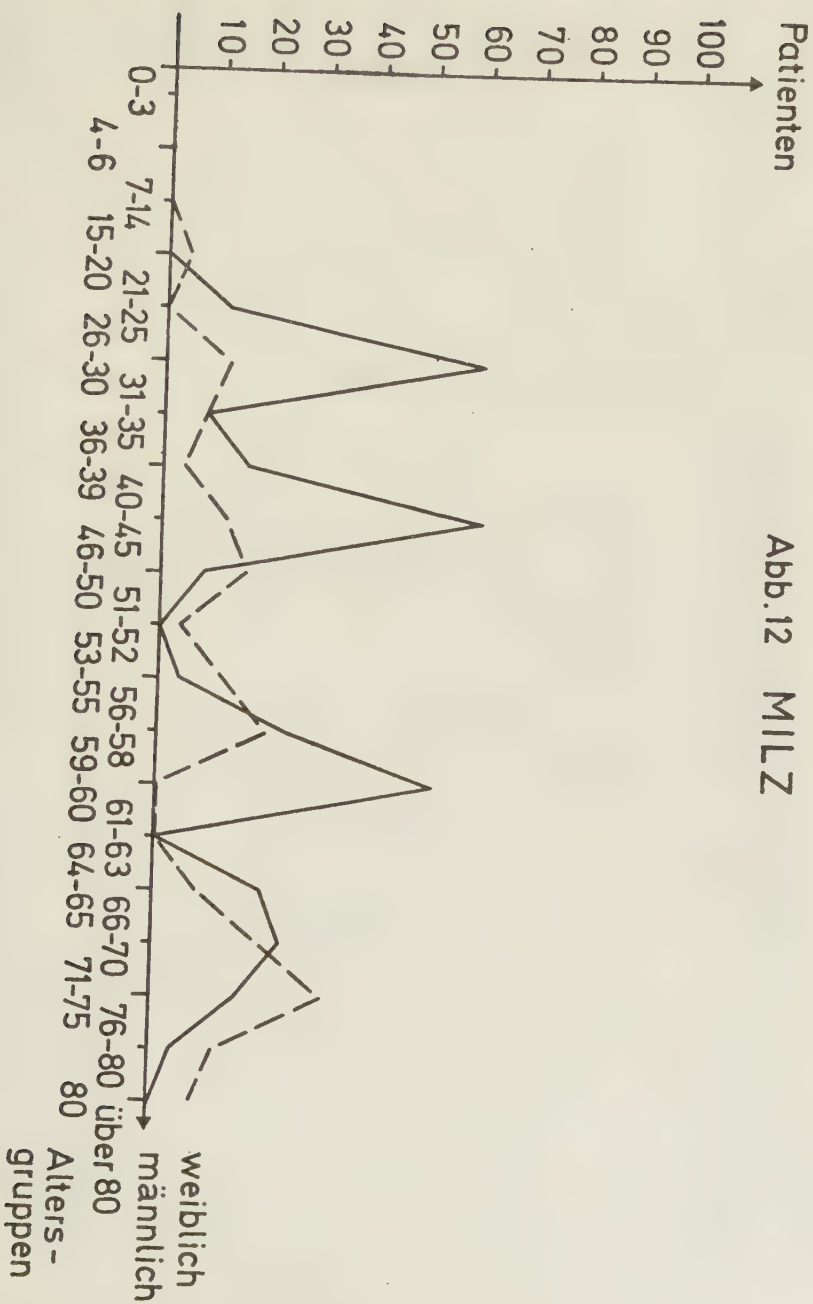
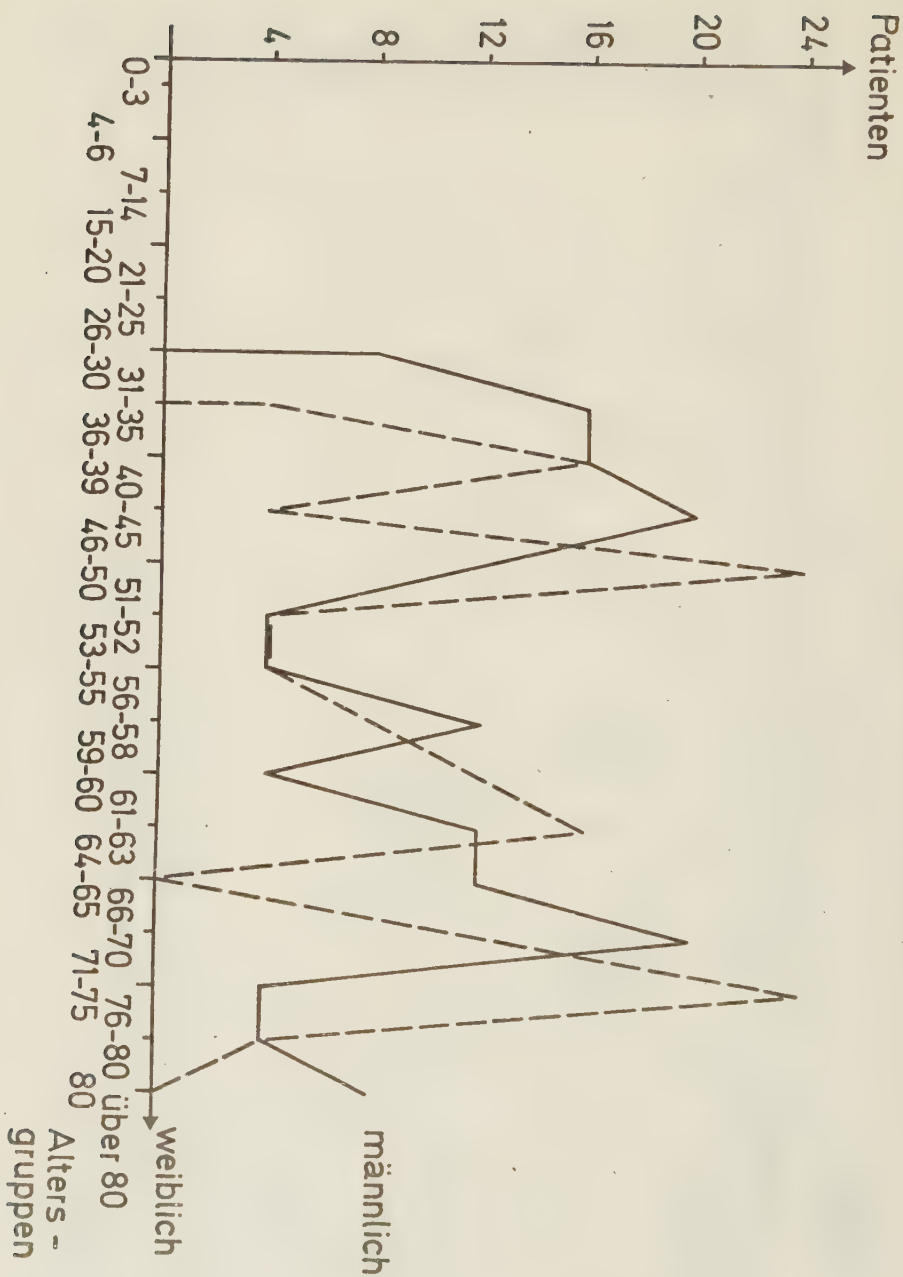
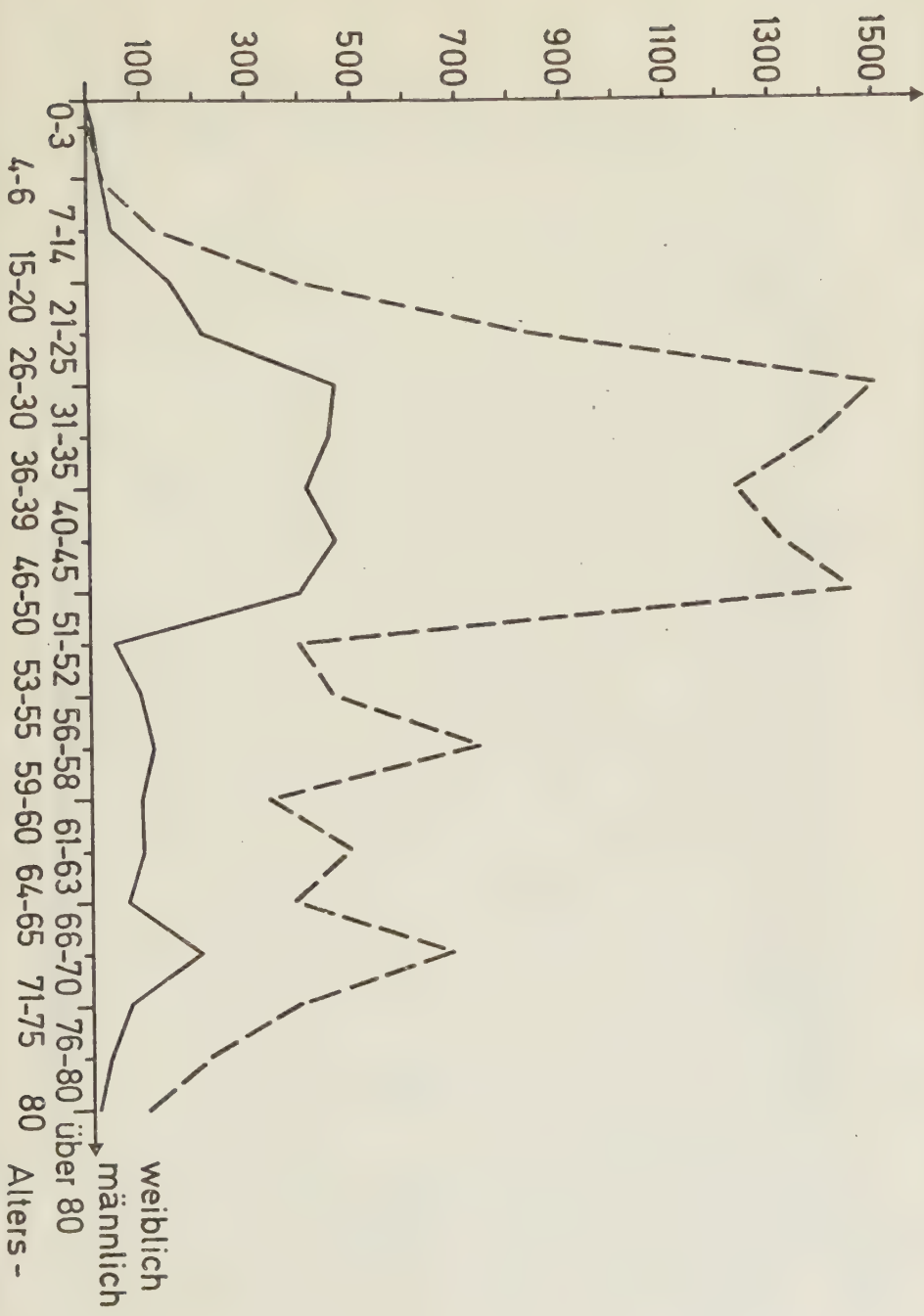


Abb.13 PANKREAS



Patienten

Abb. 14 SCHILDDRÜSE - DIAGNOSTIK

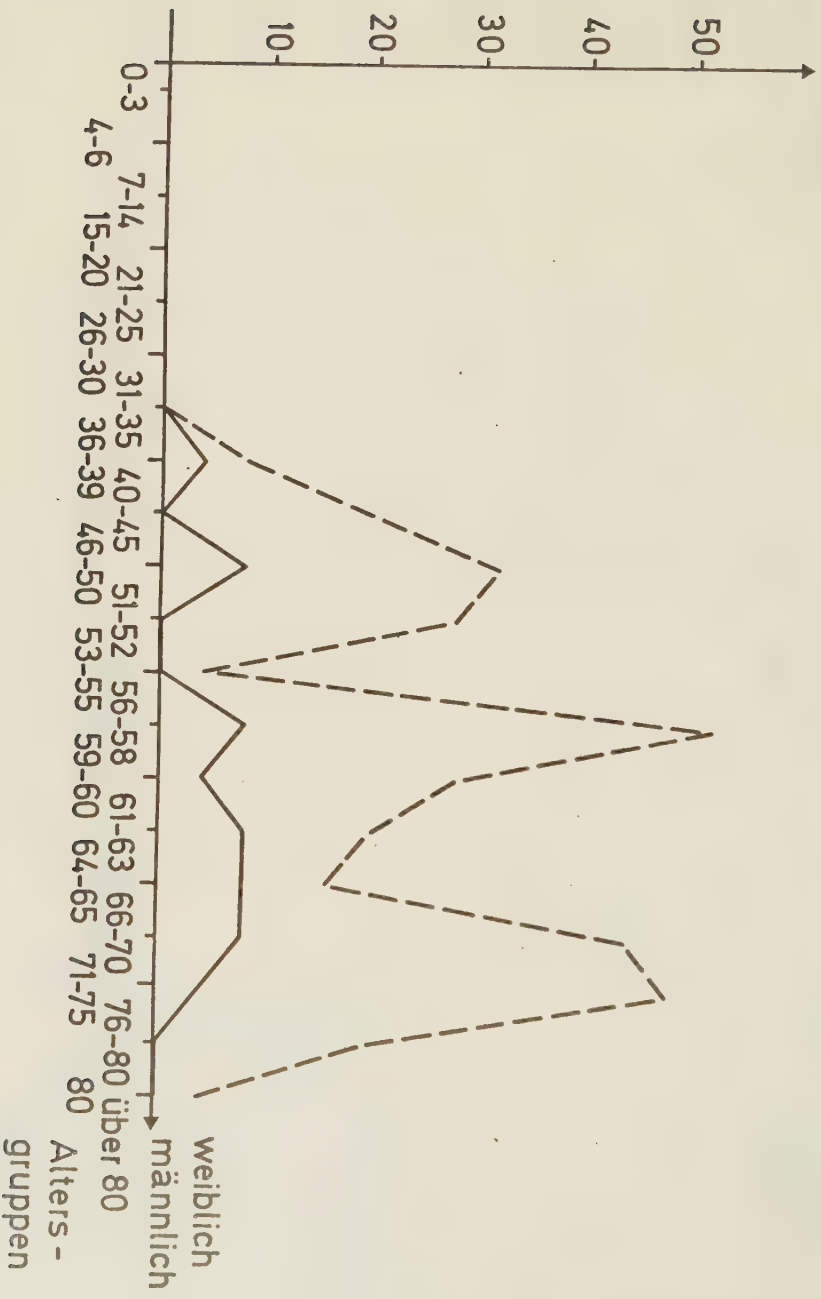


weiblich
männlich

Alters-
gruppen

Patienten

Abb. 15 SCHILDDRÜSEN-THERAPIE



Besprechung der Ergebnisse

Die Gesamtapplikationszahl aller offenen Radionuklide 1970 in Berlin/West beträgt 30 312. Davon entfallen 29 748 auf den diagnostischen, 564 auf den therapeutischen Bereich. 1968 wurden 21 310 Anwendungen, davon 20 710 diagnostische und 600 therapeutische, angegeben. Die Zahl der Therapiefälle ist also annähernd gleichgeblieben, während in der nuklearmedizinischen Diagnostik eine Zuwachsrate von ca. 44 % - was einer jährlichen Zuwachsrate von 20 % entspricht - zu verzeichnen ist. Wie bedeutend diese Prozentzahl ist, zeigt ein Vergleich mit der Röntgendiagnostik, die eine jährliche Zuwachsrate von ca. 8 % aufweist. Von den untersuchten oder behandelten Personen waren 10 176 Männer (ca. jeder 90. Berliner), 20 136 waren Frauen (ca. jede 60. Berlinerin). Das Verhältnis Patient : Patientin betrug also ungefähr 1 : 2. Insgesamt wurden 1970 ungefähr jedem 70. Bürger in Berlin/West offene Radionuklide aus medizinischer Indikation verabreicht (1968 noch jedem 100.). 14 872 Personen wurden stationär, 15 440 ambulant behandelt (Verhältnis ca. 1 : 1). In 12 784 Fällen wurden nur Funktions-
teste, in 7 996 nur Szintigramme, in 8 968 sowohl Funktions-
teste als auch Szintigramme durchgeführt.

Von den 564 therapeutischen Applikationen (entsprechend etwa 2 % aller Applikationen) wurde in 376 Fällen 131 J - Jodid, in 152 Fällen 198 Au, in 24 Fällen 32 P und in 12

Fällen 198 Au - Seeds verabreicht. Diese 12 Gold-Seeds-Behandlungen gehören streng genommen nicht in diese Erhebung, da es sich um geschlossene Strahler handelt, und deshalb werden sie im Verlaufe dieser Arbeit nur jeweils in Klammern erwähnt werden. Während die Anwendungshäufigkeit der Jod- und Phosphorthherapie annähernd gleich geblieben ist, ist die Radiogoldtherapie gegenüber 1968 um ca. das 4 1/2fache gestiegen.

Der Kurvenverlauf in Abb. 1 spiegelt den steilen Anstieg der Gesamtapplikationen offener Radionuklide seit 1953 in Berlin/West wider. So kann man aus ihm ersehen, daß 1963 die jährliche Applikationszahl von 10 000, 1967 die von 20 000 und 1970 die von 30 000 überschritten wurde.

Tabelle 2 zeigt die Verteilung der Applikationen offener Radionuklide auf die verschiedenen Altersgruppen. Dabei erfolgte die Einteilung in Altersklassen nach dem Schema von Seelentag (Strahlentherapie Bd. 111, Heft 3 (1960) S. 455). Als Vergleich soll Tabelle 3 dienen, in der die Altersstruktur der Bevölkerung von Berlin/West im Dezember 1970 dargestellt ist. Aus Tabelle 4 ist abzulesen, wieviele Patienten jeder Altersgruppe auf 10 000 Einwohner dieser Klasse kamen. Jede Altersklasse ist in 3 Spalten unterteilt: m = männlich, w = weiblich, g = gesamt. Die Tabelle 4 soll durch die graphische Darstellung in Abbildung 2 veranschaulicht werden. Sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen ist die Untersuchungs- bzw. die Behandlungshäufigkeit in den niedrigen und damit genetisch

bedeutsamsten Altersklassen gering. In der Altersgruppe von 15 - 20 Jahren erhält z. B. im Durchschnitt jeder 200. Einwohner eine Applikation. Wie aus den Kurven in Abbildung 2 ersichtlich, liegen die Maxima bei den Männern in der letzten Gruppe (über 50 Jahre), wo auf 10 000 Einwohner 195 Patienten (etwa jeder 50. dieser Altersgruppe), bei den Frauen zwischen 36 und 39 Jahren, wo auf 10 000 Einwohnerinnen 273 Patientinnen (etwa jede 36.) fallen.

Dieses Ergebnis wirkt sich günstig auf die genetisch signifikante Dosis aus, da die genetische Bedeutung der Gonadenbelastung mit zunehmendem Alter der Patienten sinkt.

Die Tabelle 1 zeigt die Gesamtapplikationszahlen der 1970 in Berlin/West verwendeten Radionuklide. Diese werden in Abbildung 4 mit den Applikationszahlen von 1968 verglichen. Am häufigsten kam ^{131}J - Jodid zur Anwendung (12 980).

Die Zahl stieg gegenüber 1968 um etwa 14 %. An zweiter Stelle liegt ^{131}J - Hippuran. Hier ist ein deutlicher Anstieg von ca. 55 % zu verzeichnen. Es folgt ^{198}Au - koloidal mit 3 392 Anwendungen (ca. 65 % Zunahme). An die vierte Stelle ist das $^{99\text{m}}\text{Tc}$ gerückt. Es hat den deutlichsten Anstieg aller Radionuklide seit 1968 von 430 auf 2 720 Anwendungen zu verzeichnen. Diese zunehmende Bedeutung von $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ist zu begrüßen, weil es zu den kurzlebigen Radionukliden gehört, die einige langlebigere Radionuklide mehr oder weniger verdrängt haben (s.u.). $^{57/58}\text{Co}$ hielten in etwa ihren Rang, auch wenn die Applikationszahl selbst hier um ca. 65 % stieg. Das 1968 mit 760 Applikationen noch an

5. Stelle liegende ^{132}J tritt in dem erfaßten Zeitraum nicht auf. Auch ist die Applikationszahl des langlebigen ^{203}Hg zugunsten des ^{197}Hg deutlich zurückgegangen. Die 1968 noch kaum verwendeten kurzlebigen Isotope $^{87\text{m}}\text{Sr}$ und $^{113\text{m}}\text{In}$ spielen inzwischen eine bedeutende Rolle. ^{133}Xe hat ebenfalls einen starken Verwendungszuwachs erfahren. Das gleiche gilt für ^{75}Se - Methionin, das etwa 6 x häufiger als 1968 verabreicht wird. Die Zahlen für ^{51}Cr und ^{59}Fe sind in etwa gleich geblieben. Keine wesentliche Bedeutung in dem erfaßten Zeitraum hat ^{32}P , ^{131}J - Bengalrosa und ^{125}J - Jodid.

In Abbildung 3 ist die Anzahl der jährlichen Applikationen für verschiedene Radionuklide 1953 - 1970 in Berlin/West dargestellt. Von Beginn an hatte ^{131}J die höchsten Applikationszahlen und Zuwachsraten. An zweiter Stelle liegt seit 1960 das ^{131}J - Hippuran. Hier hatte sich in den Jahren 1966 - 1968 eine gewisse Sättigung feststellen lassen. Seit 1968 ist jedoch wieder eine erhebliche Zuwachsrate zu verzeichnen. ^{198}Au wies von 1956 bis 1961 annähernd die gleichen Applikationszahlen auf. Ab 1961 ist eine kontinuierliche Zunahme zu vermerken. Den bedeutendsten Zuwachs der letzten Jahre weist das $^{99\text{m}}\text{Tc}$ auf. Erst ab 1966 in Berlin/West im Gebrauch, hat es sich inzwischen an die vierte Stelle geschoben. Im Vergleich zu den anderen Radionukliden läßt sich für das $^{57/58}\text{Co}$ trotz steigender Applikationszahlen eine gewisse Sättigung ablesen.

Die Tabellen 5 - 17 bringen die Verteilung der verschiedenen

Radionuklide und ihrer chemischen Verbindungen auf die einzelnen Organuntersuchungen in den 13 Instituten, die in willkürlicher Reihenfolge mit den Buchstaben A - N gekennzeichnet werden. In der ersten Spalte steht das untersuchte Organ. Wurde das Organ auch behandelt, so ist die Diagnostik mit D von der Therapie mit T getrennt. In der zweiten Spalte steht die Gesamtzahl der einzelnen Organuntersuchungen. Die Zahl unter dem Strich in dieser Spalte gibt die Gesamtapplikationen dieses Institutes an. In der dritten Spalte ist eine Aussage über die verwendeten Radionuklide getroffen. Die Zahl der Organuntersuchungen für die einzelnen Radionuklide steht in der letzten Spalte. In den einzelnen Instituten schwanken die Applikationen zwischen 5 364 (C) und 172 (K). Im Institut C werden 17 Organe untersucht oder behandelt, im Institut K nur 4.

In Tabelle 18 werden die Anzahl der Organuntersuchungen in den 6 freien Praxen, die in willkürlicher Reihenfolge mit den Buchstaben O - T gekennzeichnet wurden, wiedergegeben. Es wurden in 5 Praxen lediglich Schilddrüsenuntersuchungen durchgeführt, in einer kamen noch Nierenuntersuchungen hinzu. Zum Vergleich werden die Applikationszahlen von 1968 in Klammern gegenübergestellt. Damals wurden nur in 4 freien Praxen nuklearmedizinische Untersuchungen durchgeführt. Auffallend ist die Tatsache, daß sich die Zunahme bei der Anwendung von offenen Radionukliden kaum in den Praxen abspielt. Kamen 1968 mit 2 353 Anwendungen

etwa 11 % der Gesamtapplikationen auf die freien Praxen, so sind es 1970 mit 3 916 Anwendungen etwa 13 %. Der Nuklearmedizin kommt also in dem von mir erfaßten Zeitraum in der freien Praxis keine nennenswerte Bedeutung zu!

Tabelle 19 zeigt die Verteilung der nuklearmedizinischen Applikationen auf die einzelnen Organe 1970 in Berlin/ West. Bemerkenswert ist hier die Tatsache, daß auf Schilddrüsen- und Nierendiagnostik allein ca. $2/3$ der Gesamtapplikationen fallen.

Tabelle 20 stellt die Verteilung der Organuntersuchungen auf die 19 Institute dar.

Eine Verteilung der verschiedenen Radionuklide auf die Organuntersuchungen 1970 in Berlin/West wird in Tabelle 21 wiedergegeben.

Den Anteil der einzelnen Radionuklide an der Gesamtzahl der untersuchten Organe 1970 in Berlin/West veranschaulicht Tabelle 22. Die Organe wurden nach Diagnostik und Therapie getrennt. In Klammern ist die Zahl der Institute angegeben, die diese Untersuchungen durchführen.

Tabelle 23 ist eine Zusammenstellung über die diagnostischen Anwendungsbereiche der in der Erhebung auftauchenden Radionuklide.

Den Anteil der einzelnen Organuntersuchungen an der Gesamt-

zahl der 1970 in Berlin/West verwendeten Radionuklide gibt Tabelle 24 an. Auch hier wurden die Radionuklide nach Diagnostik und Therapie getrennt.

Wie sich die Radionuklide auf die 19 Institute verteilen, verdeutlicht Tabelle 25.

Tabelle 26 bringt eine Übersicht über die Gesamtaktivitäten der einzelnen Radionuklide 1970 in Berlin/West. Insgesamt wurden 37 339 004,52 μCi appliziert. Davon entfällt auf ^{198}Au mit 19 303 116,70 μCi über die Hälfte der Gesamtaktivität. Der größte Teil des Restes entfällt auf $^{99\text{m}}\text{Tc}$ und ^{131}J .

Tabelle 27 zeigt die Verteilung der Gesamtaktivität des ^{131}J auf seine chemischen Verbindungen. Hier entfällt der Hauptanteil auf die Schilddrüsentherapie mit ^{131}J - Jodid.

In der Tabelle 28 ist die mittlere Aktivität pro Applikation der 1970 in Berlin/West angewandten Radionuklide der Größe nach geordnet aufgetragen. Die mittlere Aktivität berechnet man aus dem Quotienten Gesamtaktivität durch Applikationszahl. Diese Größen sind in zwei weiteren Spalten angegeben.

In der Tabelle 32 ist eine Altersverteilung der wichtigsten Organuntersuchungen dargestellt. Das Lebensalter der Patienten wurde in 20 Altersklassen aufgeteilt. Für jede Organuntersuchung wurde eine Trennung zwischen männlichen

und weiblichen Patienten vorgenommen. Diese Tabelle soll durch die Abbildungen 7 und 8 veranschaulicht werden. Aus ihnen wird klar ersichtlich, in welchen Altersklassen bei den einzelnen Organen die größten Untersuchungshäufigkeiten liegen.

Mathematische Berechnung der genetisch signifikanten Dosis

Durch die Erhebung waren bekannt:

1. Anzahl der Applikationen
2. Alter der behandelten Personen und ihr Geschlecht
3. die applizierte Gesamtaktivität
4. die einzelnen Radionuklide, die zur Applikation (Diagnostik oder Therapie) benutzt wurden.

Außerdem: a) mittlere Kindererwartung (einer Altersgruppe k):

$$w_k \text{ (Lit.verz. 11)}$$

b) Bevölkerung (einer Altersgruppe k): N_k
(Lit.verz. 12)

c) Umrechnungsfaktor zur Berechnung der Gonadenbelastung bei gegebener applizierter Aktivität:

1. in Anlehnung an R. Wolf, Mainz (Lit.verz. 13)
2. nach ICRP 17 (Lit.verz. 14)

d) Formel für die Berechnung der "Genetisch Signifikanten Dosis" (GSD)

$$D = \frac{\sum_k \sum_j (N_{jk}^{(m)} \cdot d_{jk}^{(m)} \cdot w_{jk}^{(m)} + N_{jk}^{(w)} \cdot d_{jk}^{(w)} \cdot w_{jk}^{(w)})}{\sum_k (N_k^{(m)} \cdot w_k^{(m)} + N_k^{(w)} \cdot w_k^{(w)})}$$

D ist die (jährliche) genetisch signifikante Dosis in mrad

N_{jk}^* ist die (jährliche) Zahl der Individuen eines Geschlechts in der Altersklasse k, die eine Strahlenexposition aufgrund der Anwendung j erhalten haben.

N_k^* ist die Anzahl der Individuen der Altersklasse k bei einem Geschlecht

w_{jk}^* ist die Kindererwartung eines Individuums der Altersklasse k eines Geschlechts, das eine Strahlenexposition aufgrund der Anwendung j erfahren hat

w_k^* ist die Kindererwartung eines Durchschnitts-individuums der Altersklasse k eines Geschlechts

d_{jk}^* ist die Gonadendosis in mrad, die ein Individuum männlichen bzw. weiblichen Geschlechts der Altersklasse k , das einer Strahlenanwendung j ausgesetzt wurde, erhalten hat.

(m) und (w) bedeuten männlich und weiblich

(ein Stern neben einem Buchstaben bedeutet, daß die durch ihn symbolisierte Größe für männliche und weibliche Personen verschiedene Werte annimmt) (Lit.verz. 3)

Bei der Auswertung wurde die Kindererwartung unabhängig von der Strahlenexposition aufgrund der Anwendung j und die Gonadendosis unabhängig vom Alter angenommen, da andere Werte nicht zur Verfügung standen, d. h. $w_{jk}^* \rightarrow w_k^*$, $d_{jk}^* \rightarrow d_j^*$.

Einteilung in Altersklassen nach Seelentag (Lit. verz. 11):

0 - 3	21 - 25	41 - 45
4 - 6	26 - 30	46 - 50
7 - 14	31 - 35	über 50
15 - 20	36 - 40	

Da in dieser Erhebung nur das 1. Quartal von 1970 erfaßt wurde, was im Mittel 25 % aller Patienten entspricht, mußten die Zahlen auf die Gesamtheit aller Patienten hochgerechnet werden. Hochgerechnet wurde mit Hilfe der "freien Hochrechnung". Der Hochrechnungsfaktor betrug 4. Der bei der Hochrechnung auftretende Fehler ist:

$$\Delta M = \Delta m = 2 \sqrt{\frac{N - n}{N}} \sqrt{\frac{N - M}{N}} \sqrt{m} \quad (\text{Vertrauensbereich } 26 \pm 95,5 \%)$$

N ist die Gesamtheit aller Patienten

n ist die Anzahl der statistisch erfaßten Patienten

m ist die Anzahl der Patienten, die einer Strahlenexposition aufgrund einer bestimmten Anwendung ausgesetzt wurden und die statistisch erfaßt wurden

M ist die hochgerechnete Anzahl m

(Lit.verz. 15)

Aus Tabelle 29 kann man ablesen, wie groß der relative bzw. der absolute Fehler für m bzw. M ist.

Dem Computer wurden alle Daten für ein Nuklid eingegeben, die zur Berechnung der GSD gebraucht wurden. Dieser druckte die GSD dieses Nuklids für Berlin aus. Berechnet wurden die GSD für jedes einzelne Nuklid und die einzelnen Werte addiert, so daß man die Gesamt-GSD erhielt und den prozentualen Anteil der GSD der einzelnen Nuklide ermitteln konnte. Zur Berechnung der GSD wurde nur die Diagnostik berücksichtigt (Ausnahme: Schilddrüsentherapie mit ^{131}J).

Die Therapien mit ^{198}Au und ^{32}P wurden ausgeschlossen, da die Kindererwartung der meisten Personen, die diese Nuklide appliziert bekamen, gleich Null ist.

Zur Berechnung der Frequenz wurde die Anzahl der Untersuchungen einer Altersklasse eines Jahres durch die entsprechende Anzahl der Bevölkerung dividiert, jeweils getrennt nach dem Geschlecht. (siehe Tabelle 4)

In den Tabellen 30 und 31 sind die berechneten GSD - Werte der einzelnen Radionuklide in Anlehnung an Wolf bzw. nach ICRP 17 der Größe nach geordnet dargestellt. In jeweils 4 Spalten werden aufgeführt:

1. das Radionuklid
2. sein GSD-Wert im erfaßten Zeitraum
3. sein prozentualer Anteil vom Gesamt-GSD-Wert
4. sein Kreissektor, wenn der Gesamt-GSD-Wert gleich 360° gesetzt wird.

Als Veranschaulichung dieser beiden Tabellen sollen die Abbildungen 5 und 6 dienen, wo die prozentualen Anteile der verschiedenen Applikationsformen an der GSD dargestellt sind. Außer den Prozentzahlen sind auch die Applikationszahlen in Klammern angegeben.

Bei den GSD-Werten in Anlehnung an Wolf hat das ^{75}Se - Methionin bei nur 292 Applikationen mit rund 30 % den größten Anteil. Es folgt das ^{85}Sr mit 16,1 % bei lediglich 84 Anwendungen. Das mit Abstand am häufigsten angewendete ^{131}J - Jodid kommt nur auf einen Anteil von 12,3 %, wobei auf die Diagnostik mit 12 980 Anwendungen

7,6 %, auf die Therapie mit 376 Applikationen 4,7 % entfallen. Den gleichen Anteil von 9,8 % besitzen ^{99m}Tc bei 2 720 und ^{131}J - Hippuran bei 6 636 Anwendungen. Für 198 Au wurden 9,1 % (bei 3 392 Anwendungen), für $^{57/58}\text{Co}$ 5,95 % (1 284), für $^{197/203}\text{Hg}$ 2,84 % (524) und für ^{32}P 1,05 % (28) errechnet. Der Anteil der restlichen Radionuklide an der in Anlehnung an Wolf ermittelten Gesamt-GSD liegt jeweils unter 1 % und hat daher keine nennenswerte Bedeutung. Die Berechnung des GSD-Wertes in Anlehnung an Wolf (der Wert in der Tabelle muß noch auf das ganze Jahr hochgerechnet werden) ergab für 1970 ca. 0,4 mrad. Es soll noch einmal betont werden, daß die Therapiefälle mit 198 Au und ^{32}P keine Berücksichtigung fanden. 1968 betrug die GSD in Anlehnung an Wolf 0,14 mrad. Eine größere Bedeutung als die GSD-Werte in Anlehnung an Wolf haben die GSD-Werte nach der ICRP 17 (1970)! Hier liegt, wie bei den Applikationszahlen, das ^{131}J - Jodid mit rund 76 % an der Gesamt-GSD bei weitem an der Spitze. Auf den diagnostischen Bereich entfallen 46,9 %, auf den therapeutischen 29,6 %. ^{75}Se - Methionin, nach Wolf mit 30 % noch weit führend, kommt hier auf 12,5 %. Einen noch nennenswerten Beitrag zur Gesamt-GSD liefern ^{99m}Tc mit 5,67 %, 198 Au mit 1,67 % und ^{131}J - HSA/MAA mit 1,03 %. Alle anderen Radionuklide, darunter auch das ^{85}Sr , das bei den Wolf - Werten noch mit 16,1 % an zweiter Stelle lag, sind mit unter 1 % nur gering am Gesamt-GSD-Wert beteiligt.

Die Berechnung des GSD - Wertes nach ICRP 17 ergab für 1970 0,6 mrad.

Zusammenfassung

Von rund 30 000 Applikationen offener Radionuklide in Diagnostik und Therapie 1970 in Berlin/West wurden 7 578 (= 25 %) erfaßt. Beim Vergleich der Gesamtapplikationszahlen der Jahre 1968 und 1970 ist eine Zuwachsrate von ca. 44 % festzustellen, was einer jährlichen Zuwachsrate von ca. 20 % entspricht. Man kann sagen, daß die Zunahme bei der Anwendung von offenen Radionuklide sich fast ausschließlich im Bereich der Krankenanstalten vollzieht und in kaum nennenswertem Maß bei den niedergelassenen Ärzten.

Als wesentliche Aussage dieser Arbeit kann festgestellt werden, daß trotz des erheblichen Zuwachses der nuklearmedizinischen Untersuchungen der Wert der genetisch signifikanten Strahlenbelastung der Bevölkerung weiterhin deutlich unter 1 mrem/Jahr verblieben ist. Es ist kaum zu erwarten, daß auch bei weiterhin zunehmenden Applikationszahlen der Wert der genetisch signifikanten Dosis sich nennenswert erhöhen wird, da, wie bereits erwähnt wurde, in zunehmendem Maße kurzlebige Radionuklide Verwendung finden, und die sich ständig verbessernden meßtechnischen Voraussetzungen es gestatten, mit relativ geringen Aktivitäten umzugehen.

Der nach der ICRP 17 ermittelte genetisch signifikante Strahlenbelastungswert der Bevölkerung von 0,6 mrad/Jahr durch die Nuklearmedizin ist als sehr niedrig zu bezeichnen im Vergleich zu dem GSD-Wert von etwa 50 mrad/Jahr, der heute aus der Röntgendiagnostik resultieren dürfte.

Literaturverzeichnis

- 1 Erhebungen über die Entwicklung der Anwendung offener Radionuklide in Diagnostik und Therapie von K. Aurand und G. Hinz (Vortrag im Rahmen der 7. Jahrestagung der Gesellschaft für Nuklearmedizin in Zürich vom 25. - 27. 9. 72)
- 2 Strahlenschutznormen der Europäischen Atomgemeinschaft (Euratom) Juni 1967
- 3 Report of the United Nations scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation 1958 (Unsear Report)
- 4 Die genetische Belastung der Bevölkerung einer Großstadt (Hamburg) durch medizinische Strahlenanwendung von H. Holthusen, H. K. Leetz, W. Leppin. Strahlenschutz (1961) Heft 21
- 5 Die Strahlenbelastung von Patienten bei der nuklearmedizinischen Anwendung offener radioaktiver Stoffe von A. Kaul, K. Oeff, H. D. Roedler 1972
- 6 Klinische Radiologie von G. Barth, J. Becker, R. Kraus, K. E. Scheer, F.K. Schattauer Verlag, 1968
- 7 Auswirkungen technischer und methodischer Neuerungen auf die Patientendosis in der Nuklearmedizin von H. W. Pabst, J. Kretschko, Radiologe 10 (1970), p. 372 - 376
- 8 Entwicklung in der Anwendung offener Radionuklide in Berlin/West von G. Hinz, H. Weil (Vortrag anlässlich des Deutschen Röntgenkongresses in Stuttgart vom 10. - 13. 5. 72)

- 9 Proceedings of the 10th Conference on Radioisotopes:
Current Status of Diagnostic Application of Radio-
isotopes in Germany by K. zum Winkel, G. Hinz,
S. Lange, K. Das, H. Weil, F. Motzkus, H. Harbst.
- 10 Dose Assessment of Ionizing Radiation Exposure to
the Population by Michael S. Terpilak, C. L. Weaver,
S. Wieder
- 11 Seelentag: Strahlentherapie Bd. 111, Heft 3 (1960)
S. 455
- 12 Statistisches Jahrbuch Berlin 1970
- 13 Tabellen von R. Wolf, Mainz
- 14 ICRP Veröffentlichung 17 (1970)
- 15 Statistisches Bundesamt, Grundfragen der Vorberei-
tungsarbeit eines deutschen Mikrozensus, Bericht
über die Tagung vom 2. - 3. 7. 53

Lebenslauf

Ich wurde am 18. 4. 1949 als Sohn von Wolf Weil, Textilkaufmann, und seiner Frau Alfreda, geb. Bachner, in Hof/Saale geboren.

Dort besuchte ich die Volksschule bis zur 4. Klasse und bestand nach 9 Klassen am Mathematisch - Naturwissenschaftlichen Schillergymnasium Hof im Juli 1968 das Abitur.

Im Wintersemester 1968/69 begann ich mit dem Studium der Humanmedizin an der Ludwig - Maximilian - Universität München. Nach dem Wintersemester 1970/71 legte ich das Physikum ab. Im Augenblick absolviere ich das sechste klinische Semester.

Mein Dank gilt

der Abteilung für Strahlenhygiene des Bundesgesundheitsamtes, insbesondere den Herren Prof. Dr. Stieve, Dr. Hinz und Dipl.math. Pietzsch für die Überlassung des Themas sowie für Rat und Kritik bei den Erhebungen und der endgültigen Abfassung der Arbeit.

Herrn Prof. Dr. Hug vom Strahlenbiologischen Institut der Universität München danke ich für die Übernahme des Korreferates.

der Zentralstelle für automatische Datenverarbeitung, Dokumentation und Statistik des Bundesgesundheitsamtes, insbesondere Frau Senkbeil für die Unterstützung bei der mathematischen Auswertung.

den Chefärzten der Nuklearmedizinischen Abteilungen sowie den Ärzten der freien Praxen für die Überlassung der nötigen Unterlagen und die freundliche Beratung in allen Fragen.

